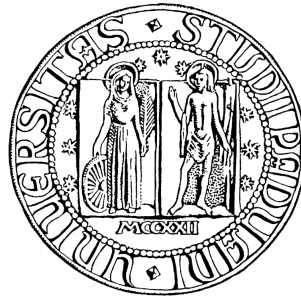


**Università degli studi di Padova**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRICA**



**TESI DI LAUREA:**

**NUOVI SVILLUPPI SUGLI INTERUTTORI PER ALTA  
TENSIONE**

**RELATORE: PROF. GOBBO RENATO**

**LAUREANDO: CHENKEM NOUMBI CYRILLE ALAIN**

**ANNO ACCADEMICO: 2009/2010**

<b>INDICE</b>	<b>PAGINA</b>
<b>1.INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.SVILUPPI E PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 SVILUPPO STORICO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 COMPONENTI PRINCIPALI.....</b>	<b>5</b>
2.2.1 ULTIME UNITA'.....	6
2.2.2 SUPPORTO ISOLANTE.....	6
2.2.3 MECCANISMO DI FUNZIONAMENTO.....	6
2.2.4 STRUTTURA DI SUPPORTO.....	6
<b>2.3 COMPONENTI AGGIUNTIVI.....</b>	<b>7</b>
2.3.1 CLASSIFICAZIONE DEI CONDENSATORI.....	7
2.3.2 PREINSERTION RESISTENZE.....	7
2.3.3 ARMADI DI CONTROLLO CENTRALE.....	8
<b>2.4 SF6 INTERRUTTORI.....</b>	<b>8</b>
2.4.1 GAS SF6.....	8
2.4.2 PRINCIPI DI ESTINZIONE DELL'ARCO.....	8
2.4.3 DISEGNI DI INTERRUTTORI.....	10
2.4.4 SF6 PALA INTERRUTTORI.....	11
2.4.5 SF6 SELF_BLAST INTERRUTTORI.....	16
2.4.6 CONFIGURAZIONE DEI CANTATTI MOBILI.....	19
<b>2.5 MECCANISMI DI FUNZIONAMENTO.....</b>	<b>20</b>
2.5.1 GENERALE.....	20
2.5.2 MECCANISMO A MOLLE.....	21
2.5.3 MOTOR DRIVE.....	23
2.5.4 MECCANISMO A COMANDO PNEUMATICO.....	24
2.5.5 MECCANISMO IDRAULICO A COMANDO.....	25
2.5.6 MECCANISMO IDRAULICO A MOLLA.....	26
2.5.7 ALTRI TIPI DI MECCANISMO DI FUNZIONAMENTO.....	26
<b>3. COMMUTAZIONE DI CORRENTE DI RETE E SOTTOLINEA.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 CORRENTI DI CORTO CIRCUITO .....</b>	<b>26</b>
3.1.1 TEMPO STANDARDIZZATO E COSTANTE ASIMMETRIA.....	28
3.1.2 CORRENTE DI PICCO.....	28
<b>3.2 TERMINAL DIFETTI.....</b>	<b>29</b>
3.2.1 TRANSITORIO DI RECUPERO DI TENSIONE(TRV) IN RETI MONOFASE.....	29
3.2.2 TRV IN TRE FASI DI RETI.....	32
<b>3.3 SHORT-LINE GUASTI.....</b>	<b>35</b>
<b>3.4 TENSIONE INIZIALE DI RECUPERO TRANSITORIO (ITRV).....</b>	<b>37</b>
<b>3.5 CONDIZIONI OUT OF PHASE.....</b>	<b>38</b>
<b>3.6 COMMUTAZIONE DI CORRENTI CAPACITIVI.....</b>	<b>39</b>
3.6.1 DISECCITAZIONE DI CARICHI CAPACITIVI.....	39
3.6.2 RECUPERO DI TENSIONE.....	42
3.6.3 ENERGIZZANTE DI BATTERIE DI CONDENSATORI.....	43
<b>3.7 COMMUTAZIONE DI CARICO INDUTTIVO.....</b>	<b>44</b>
3.7.1 COMMUTAZIONE DI REATTORI SHUNT.....	45
3.7.2 COMMUTAZIONI DI TRASFORMATORI A VUOTO.....	49
<b>4. SOLLECITAZIONI MECCANICHE ED AMBIENTALI DEGLI EFFETTI.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1 MECCANICA DEI CARICHI.....</b>	<b>50</b>
4.1.1 CARICHI STATICI.....	50

4.1.2 CARICHI DINAMICI.....	54
4.1.3 CARICO SISMICO.....	56
4.2 COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	58
4.3 INFLUENZA DI TEMPERATURA AMBIENTALE ESTREME.....	59
4.4 GAS PROPRIETA'.....	59
4.4.1 EFFETTO DELLA TEMPERATURA AMBIENTE.....	59
4.4.2 CONTENUTO DI UMIDITA' IN GAS SF6 .....	61
4.5 EFFETTI SONORI DI FUNZIONAMENTO INTERRUTTORE.....	61
4.5.1 PRINCIPI.....	61
4.5.2 LIVELLO SONORO IN FUNZIONE DELLA DISTANZA.....	61
5. SOLLECITAZIONI TERMICHE.....	62
5.1 LIMITI TERMICI.....	62
5.2 PROVA AUMENTO DELLA TEMPERATURA.....	63
5.3 AUMENTO DELLA TEMPERATURA AL SOVRACARICA DI CORRENTE.....	63
5.4 INFLUENZA DEL SITO ALTITUDINE.....	65
6. REQUISITI ISOLAMENTO.....	65
6.1 CO-COORDINAMENTO DI ISOLAMENTO.....	66
6.2 SOVRATENSIONI.....	66
6.3 LIVELLO DI ISOLAMENTO.....	68
6.4 PROVA DI TENSIONE.....	69
6.5 FATTORE DI CORREZIONE ATMOSFERICA.....	71
6.7 EFFETTI AMBIENTALI E FORME ISOLANTE.....	72
6.8 DISTANZA IN ARIA.....	75
6.9 MATERIALE ISOLANTE.....	75
7. APPLICAZIONE.....	76
7.1 INTERRUTTORI LINEA DI TRASMISSIONE.....	76
7.2 INTERRUTTORI DI POTENZA-TRASFORMATORE.....	78
7.3 TENSIONE DI RECUPERO.....	80
7.4 SHUNT REATTORE INTERRUTTORI.....	82
8. NORME E PROVE.....	87
8.1 STANDARDS.....	87
8.2 DISGIUNTORE TEST.....	89
8.3 PROVE DI TIPO.....	89
9. AFFIDABILITA' , MANUTENZIONE E COSTI DEL CICLO DI VITA.....	97
9.1 STATISTICHE.....	97
9.2 VITA ELETTRICA E MECCANICA.....	98
9.3 MANUTENZIONE.....	98
9.4 CONDITION MONITORING.....	99
9.5 CICLO DI VITA DEI COSTI.....	99
9.6 ASPETTI AMBIENTALI.....	100
10. SELEZIONE DEGLI INTERRUTTORI.....	100
11. CONCLUSIONE.....	102
12. BIBLIOGRAFIA.....	103

## **1-INTRODUZIONE**

**Un interruttore è un apparecchio in sistemi elettrici che ha la capacità di, in più breve tempo possibile, passare da essere un conduttore ideale per un isolante ideale viceversa.**

**Inoltre, l'interruttore dovrebbe essere in grado di soddisfare i seguenti requisiti:**

- 1. In posizione di fermo chiusa, svolgere la propria corrente nominale, senza produrre calore aumento inammissibile in uno qualsiasi dei suoi componenti.**
- 2. Nelle sue posizioni fisse, aperto e chiuso, l'interruttore deve essere grado di resistere a qualsiasi tipo di sovratensioni all'interno del suo rating.**
- 3. L'interruttore deve, a sua tensione nominale, in grado di fare e rompere ogni possibile corrente all'interno del suo rating, senza diventare inutilizzabili per ulteriori operazioni.**

**In passato, l'aria compressa e olio erano tipiche isolanti e di estinzione.**

**Oggi sono quasi del tutto sostituito con il gas SF6 economico e ragioni pratiche, e anche a causa di un incremento della domanda di maggiori voti.**

**Ci sono diversi tipi di meccanismi di funzionamento, ad esempio molla, idraulica e meccanismi di pneumatico a comando, e recentemente i motori a controllo numerico sono entrano in uso.**

**L'interruttore è una componente fondamentale nella sottostazione, dove viene utilizzato per accoppiamento delle sbarre, trasformatori, linee di trasmissione, ecc Il compito più importante di un interruttore automatico è di interrompere correnti di guasto e quindi proteggere le apparecchiature elettriche ed elettroniche.**

**L'interruzione e la successiva riconnessione dovrebbe essere effettuata in modo che il normale funzionamento della rete è ripristinato in breve tempo, al fine di mantenere la stabilità del sistema.**

**In aggiunta alla funzione di protezione, gli interruttori sono applicate anche per passaggio intenzionale come energizzante e diseccitazione dei reattori shunt e condensatore banche.**

**Per la manutenzione o la riparazione di apparecchiature elettriche e linee di trasmissione, il circuito interruttori, insieme ai sezionatori, sezionatori di terra o scollegare circuito interruttori con built-in funzione di disconnessione, garantirà la sicurezza del personale.**

**Nelle seguente pagine, parleremo degli sviluppi, principi di funzionamento, commutazioni, sollecitazioni meccaniche e termiche, isolamento, norme e degli aspetti ambientali degli interruttori per alta tensione.**

## 2-SVILUPPI E PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

### 2.1 SVILUPPO STORICO

Il circuito interruttori aria soffiata, che ha usato l'aria compressa come mezzo di estinzione, aveva il vantaggio di alte capacità di interrompere e tempi breve interruzione.

Tuttavia, le unità di rottura (interuttori) aveva limitato capacità di tenuta dielettrica e, come si può vedere nella figura 2.1, un interruttore di circuito di 420 kV necessari fino a 10 elementi di rottura in serie per fase. L'estinzione dell'arco richiesto ad alta pressione d'aria, circa 2 MPa, il che significa che il rischio di rilocalizzazione delle emissioni è stato elevato. Installazione, manutenzione e la riparazione sono stati costosi.

Air esplosione di gas SF6 Oil



Figura 2.1 Lo sviluppo storico

degli interruttori

Introduzione del interruttori olio circuito minimo intorno al 1970 è stato un grande passo in avanti. Il numero di unità è stato ridotto di rottura, un interruttore per 420 kV necessarie solo quattro interruttori in serie per fase. La domanda di energia per il funzionamento è stata relativamente bassa, e la molla carica meccanismi potrebbero essere utilizzati. Sia il minimo di interruttore di circuito del petrolio e dei meccanismi a molla sono praticamente inalterati dalla temperatura ambiente. Un altro grande vantaggio è che la manutenzione, anche apertura delle unità di rottura, può essere effettuata all'aperto. Tuttavia, sebbene la manutenzione è relativamente semplice, alcune operazioni di commutazione (ad esempio il passaggio di piccole correnti induttive) richiede una manutenzione piuttosto frequenti.

SF6 interruttori del gas sono superiori a queste tecnologie precedenti, in quanto richiedono sostanzialmente meno manutenzione. Inoltre, il numero di unità di rottura sono ridotti. Fino a 300 kV uno interruttore per fase è utilizzato, a 550 kV e due interruttori

sono richiesti. Tutti ABB interruttori SF6 vivere serbatoio può essere azionato con springcharged meccanismi, in modo che la domanda di energia per il funzionamento di oggi è ancora più basso per alcuni interruttori SF6 interruttore che per la minima corrispondente circuito dell'olio.

I meccanismi di funzionamento si sono sviluppati di conseguenza. All'inizio di pneumatici e meccanismi idraulici azionati erano nella norma, ma c'è una tendenza generale verso meccanismi a molla.

## 2.2 COMPONENTI PRINCIPALI

Live interruttori serbatoio costituito da quattro componenti principali:

- Una o più unità di rottura (interruttori)
- Supporto isolante
- Uno o più meccanismi di funzionamento
- Struttura di supporto (supporto)

Nella tabella seguente mostra le diverse parti di interruttori SF6.

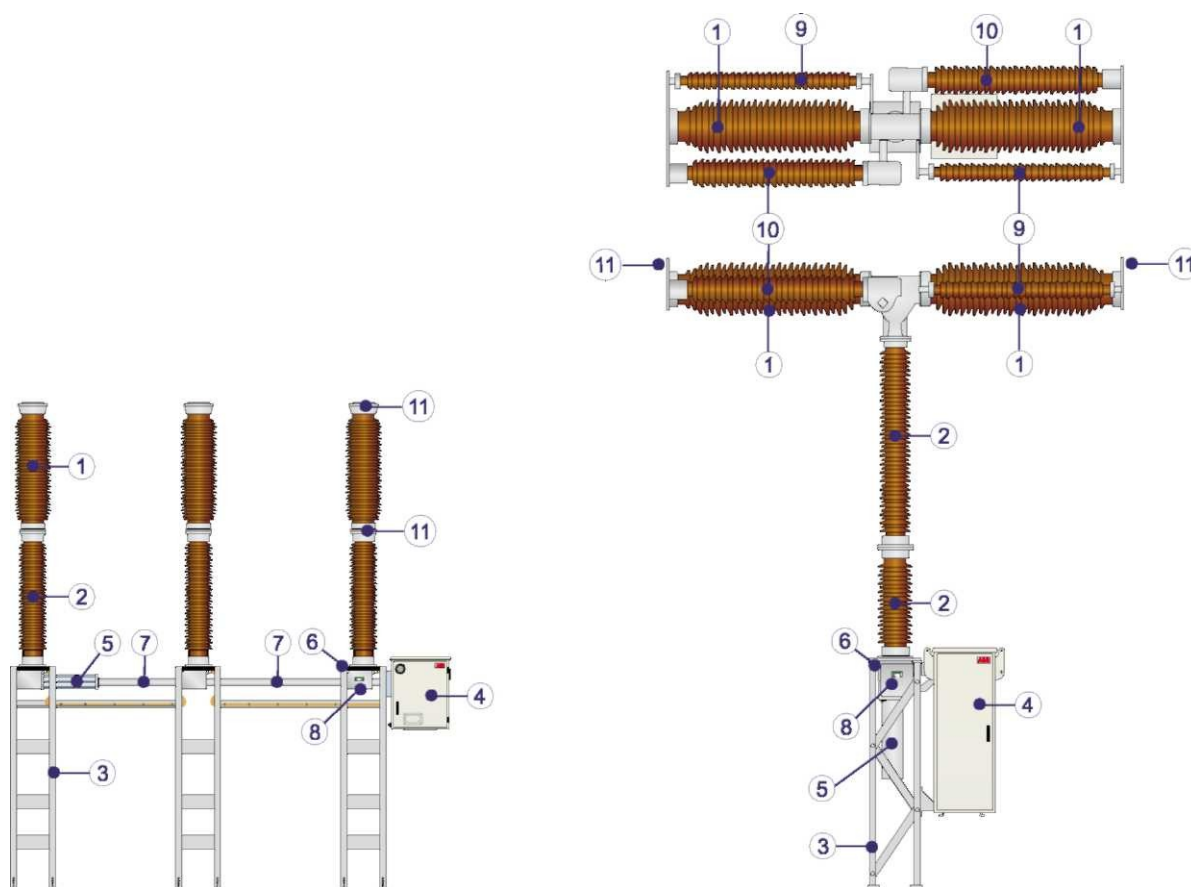


Figura 2.2. Tre poli circuito gestito interruttore con un interruttore per polo. Figura 2.3. Un palo di un unico polo operato

interruttore di circuito con due interruttori per polo.

Disgiuntore componenti

1. Ultime unità 5. Trip meccanismo di 9. La classificazione condensatore (se

necessario)

2. Supporto isolante 6. Gas vigilanza (sul lato opposto) 10. Preinsertion resistenza (PIR) (se necessario)

3. Struttura di sostegno 7. Pullrod con tubo di protezione 11. terminali di primaria

4. Meccanismo di funzionamento 8. Indicatore di posizione

#### 2.2.1 Ultime unità

Il corpo isolante è realizzato in porcellana o materiale composito ed è pieno di pressione SF6 gas. L'unità di rottura è sottoposto a potenziale, cioè è "live", quindi "interruttore il termine" serbatoio vivo.

Un palo interruttore può anche consistere in due o più unità di rottura in serie.

Il numero di unità di rottura dipende dalla tensione di sistema e dei requisiti sulla capacità di interruzione.

La funzione della camera di estinzione è descritta in 2.4.2 "Principi di estinzione dell'arco. "

#### 2.2.2 Supporto isolante

La funzione principale del supporto isolante è sufficiente a garantire l'isolamento dal HV-terminali e l'unità di rottura (s) a terra. L'isolante di supporto è una conca alloggiamento di porcellana o di materiale composito e contiene gas SF6 allo stesso pressione del gas nelle unità di rottura, il supporto isolante e la rottura unità (s) hanno una comune atmosfera di gas.

Il puntone di tiro isolato, (chiamato anche isolante di funzionamento) che fa parte del legame sistema tra il meccanismo di funzionamento e contatti principali, è montato all'interno del supporto isolante.

#### 2.2.3 Meccanismo di funzionamento

Il meccanismo di funzionamento, con la molla viaggio, memorizza l'energia necessaria per la chiusura e la manovra di apertura dell'interruttore. Situato a terra potenziale, il meccanismo di funzionamento prevede anche collegamenti secondari, che funge da un'interfaccia per il controllo di una rete e sistema di protezione.

#### 2.2.4 Struttura di supporto

Ci sono due versioni di strutture di sostegno (o il supporto stand) per il circuito serbatoio vivo interruttori:

- A tre colonne di sostegno, vale a dire ogni polo interruttore è montato sulla sua

persona sostegno.

- Pole-trave di sostegno, vale a dire i tre poli montato su una trave comune con due supporto gambe.

I supporti sono solitamente di caldo acciaio zincato.

## 2.3 COMPONENTI AGGIUNTIVI

### 2.3.1 classificazione dei condensatori

Per interruttori con due o più unità di rottura in serie, la tensione (nominale tensione, nonché il passaggio transitori e sovratensioni fulmini) in genere non sia uniformemente distribuito in tutto il ampolle. Al fine di evitare ad alta tensione sottolinea in una delle unità di rottura, i condensatori sono spesso montati in parallelo con le ampolle. La capacità è di solito nell'ordine di 900 - 1.600 pF per unità di rottura.

Le prestazioni degli interruttori è in graduale miglioramento, e oggi la classificazione

condensatori non sono generalmente necessari a tensione nominale fino a 420 kV. L' interruttore del tipo di HPL è stato recentemente verificato da prove di tipo per gestire 550 kV di classificazione senza condensatori. Questo offre diversi vantaggi: più facile il trasporto e installazione; inferiore di massa, che migliora la resistenza sismica di capacità; diminuzioni di correnti di dispersione, e un rischio ridotto di ferrorisonanza nella vicina trasformatori di tensione induttivi.

### 2.3.2 Preinsertion resistenze

Resistenze Preinsertion su interruttori line sono utilizzati occasionalmente a tensione nominale 362-420 kV e più spesso a 550-800 kV. Il loro scopo è di ridurre il transitori di tensione generato quando una linea di trasmissione a vuoto è eccitato, o rialimentato dopo un guasto di linea.

Le resistenze sono gestiti dal meccanismo stesso di funzionamento dei contatti principali.

resistenze Preinsertion in precedenza erano talvolta utilizzato su interruttori per batterie di condensatori, le banche dei reattori e trasformatori. Per queste applicazioni, tuttavia, commutazione controllata è ora ampiamente utilizzato come un potente mezzo per ridurre la commutazione transienti. Modern interruttori SF<sub>6</sub> anche meglio il passaggio di immobili di vecchio tipo interruttore di circuito. Questo ha reso i resistori preinsertion superfluo per queste applicazioni.

Le nuove tecnologie possono anche eliminare la necessità di resistenze preinsertion per la linea interruttori. In molti casi controllati commutazione può sostituire le resistenze e ridurre i transitori di tensione nella stessa misura, se non addirittura meglio, resistenze.



### 2.3.3 Armadi di controllo centrale

Interruttori automatici per funzionamento unipolare può essere dotata di armadi per centrale di controllo. Questi sono convenienti per il funzionamento locale tripolare. In alcuni casi, uno degli armadi di comando è espanso per gestire integrazione delle funzioni di quadro elettrico centrale. Questa soluzione è a volte denominato "Master-Slave" o CPI, controllo integrato cubicolo.

## 2.4 SF6 INTERRUTTORI

### 2.4.1 gas SF6

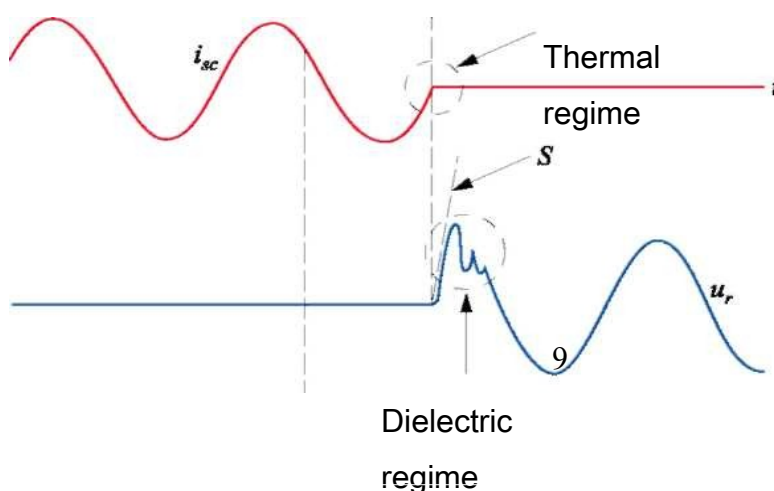
interruttori ad alta tensione in gas SF6 come l'isolamento e la tempra di media sono stati in uso in tutto il mondo per più di 30 anni. Questo gas è particolarmente idoneo a causa della sua elevata resistenza dielettrica e conducibilità termica.

### 2.4.2 Principi di estinzione dell'arco

Il processo di interruzione di corrente in un interruttore di circuito ad alta tensione è una questione complessa a causa della simultanea interazione di fenomeni diversi. Quando l'interruttore contatti separati, un arco elettrico sarà stabilito, e la corrente continuerà a flusso attraverso l'arco. L'interruzione avrà luogo in un momento in cui l'alternanza corrente raggiunge zero.

Quando un interruttore è scattato, al fine di interrompere una corrente di corto circuito, la separazione di contatto può iniziare in qualsiasi parte del ciclo attuale. Dopo i contatti sono separati meccanicamente, la corrente di flusso tra i contatti attraverso un motore elettrico arco, che consiste di un nucleo di gas estremamente caldo con una temperatura di 5,000 20.000 K. Questa colonna di gas è completamente ionizzato (plasma) e ha una conducibilità elettrica paragonabile a quella del carbonio.

Quando la corrente si avvicina allo zero, il diametro dell'arco diminuirà, con l'spaccato approssimativamente proporzionale alla corrente. In prossimità del passaggio a zero di corrente, il gas è stato raffreddato a circa 2000 K e non sarà più plasma ionizzato, né saranno oggetto di conduttori di elettricità.



Due requisiti fisici (regimi), sono coinvolti:

- Thermal regime: Il canale caldo arco deve essere raffreddato a una temperatura abbastanza basso, che cessa di essere conduttori di elettricità.
- Dielettrica regime: Dopo l'estinzione dell'arco, il mezzo isolante tra il contatti devono sopportare la tensione di recupero in rapida crescita. Questo recupero

tensione ha una componente transitoria (tensione transitoria di recupero, TRV) causati da il sistema quando la corrente viene interrotta.

Se uno di questi due requisiti non è soddisfatto, la corrente continuerà a fluire per un altro ciclo e mezzo, fino a quando la prossima corrente zero è raggiunto. E 'abbastanza normale per un circuito interruttore per interrompere la corrente di corto circuito in occasione della seconda o addirittura terza corrente zero dopo la separazione di contatto.

Figura 2.4 insiste sulla camera di estinzione a interruzione.

#### 2.4.2.1 Regime termico

Il regime termico è particolarmente critico a breve interruzione colpa-line (vedi sezione 3). Il parametri del circuito che incidono direttamente Tale regime è il tasso di diminuzione della corrente essere interrotti ( $di / dt$ ) e il tasso iniziale di aumento della tensione transitoria di recupero ( $Du / dt$ ) immediatamente dopo la corrente a zero. Maggiore è il valore di uno di questi due parametri, la più grave l'interruzione. Un valore elevato di  $di / dt$  risultati in un arco caldo con una grande quantità di energia immagazzinata a corrente zero, il che rende l'interruzione più difficile. Valori elevati di  $du / dt$  si tradurrà in un aumento della energia per il post-arc in corso.

Esiste una certa inerzia nel conducibilità elettrica dell'arco (vedi figura 2.5). Quando la corrente si avvicina allo zero, c'è ancora una certa quantità di energia elettrica conducibilità a sinistra nel percorso ad arco. Ciò dà origine a quello che viene chiamato "post-arc corrente" con ampiezza fino a qualche A. o meno l'interruzione sarà il successo è determinato da una gara tra l'effetto di raffreddamento e l'assorbimento di energia nel percorso dalla tensione dell'arco recupero transitoria. Quando le scale del bilancio energetico punta a favore della apporto di energia, l'interruttore di circuito non riuscirà termicamente. Il termico regime di interruzione per interruttori SF6 corrisponde al periodo di tempo qualche microsecondo di partenza prima di corrente zero, fino a estinzione del post attuale arco, un dopo pochi corrente zero.

a) circuito equivalente semplificato.

b) Curve della corrente di cortocircuito

ISC e la tensione di recupero ur

$t_1$  = separazione dei contatti

$t_2$  = arco estinzione

$S$  = velocità di aumento della tensione di recupero

(La tensione d'arco dal contatto

separazione di estinzione dell'arco è bassa

ed è stato ignorato)

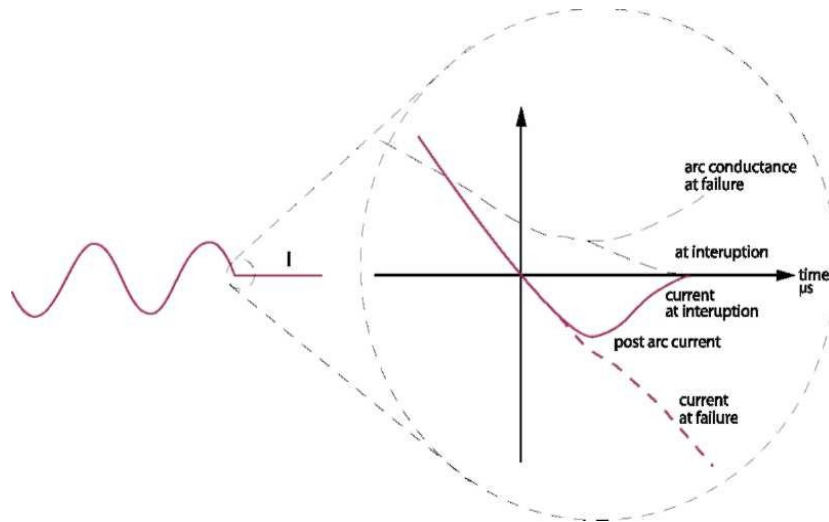


Figura 2.5 forma di corrente a interruzione (la scala temporale è compreso nell'intervallo microsecondo).

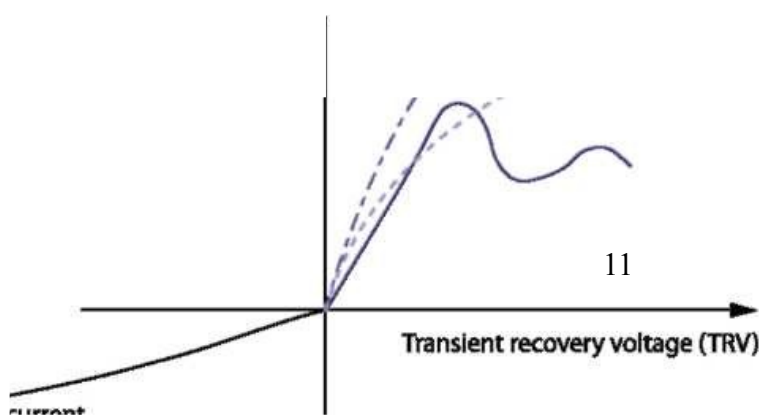
#### 2.4.2.2 REGIME DIELETTRICA

Quando l'interruttore è superato con successo il regime termico, il transitorio recupero di tensione (TRV) tra i contatti aumenta rapidamente e raggiungerà un elevato di valore. Ad esempio, in una singola unità 245 kV interruttore il divario di contatto può essere sottolineato da 400 kV e 70-200 microsecondo dopo l'attuale zero.

Nel regime dielettrico lo spegnimento / media è più lunga isolare elettricamente conduttore, ma ha ancora una temperatura molto più elevata del ambiente. Ciò riduce

capacità di sopportare la tensione del divario di contatto.

Lo stress sull'interruttore dipende dalla velocità di ascesa e l'ampiezza del TRV.



## Figura 2.6 dielettrica interruzione regime

La capacità di sopportare il gap contatto deve sempre essere superiore al transitorio Tensione di recupero, si veda la Figura 2.6, altrimenti una riaccensione dielettrico si verificherà (Insufficienza dielettrico). Ciò richiede una altissima capacità di tenuta dielettrica il gas, che è ancora abbastanza calda e quindi ha una bassa densità.

### 2.4.3 DISEGNI DI INTERRUTTORI

La prima applicazione di interruttori di gas SF<sub>6</sub> aveva diviso la camera di estinzione in due parti distinte, con diverse pressioni (doppio circuito-interruttore a pressione), funzionante sul principio stesso interruttori aria dell'esplosione. Oggi tutti i alta tensione interruttori SF<sub>6</sub> hanno camere di estinzione che si applicano palla o i principi di auto-esplosione .

### 2.4.4 SF<sub>6</sub> palla interruttori

Nella palla SF<sub>6</sub>, la pressione del gas per l'esplosione di raffreddamento è creato durante l'apertura corsa in un cilindro di compressione. Nella manovra di apertura, la compressione del gas avrà inizio al tempo stesso i contatti iniziano il loro movimento. La compressa gas viene soffiata attraverso un ugello isolante, in cui l'arco è in fiamme. La figura 2.7.2 mostra la funzione di un interruttore piumino. L'ugello isolante è normalmente in PTFE (Teflon).

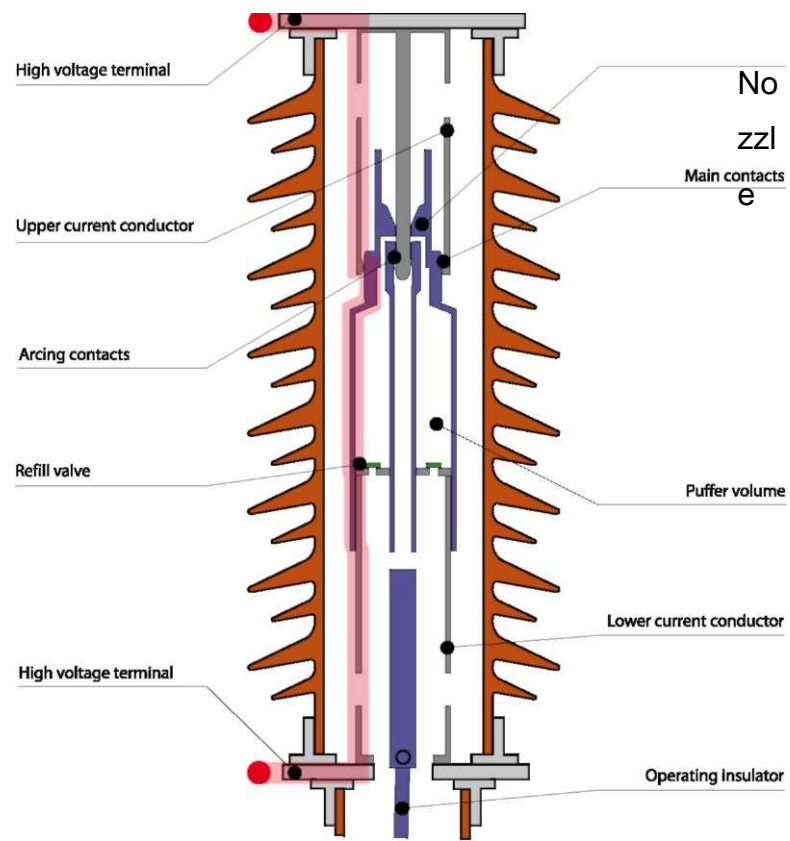


Figura 2.7.1 Principali componenti del interruttore piumino. Rosso colore indica il percorso corrente attraverso l'interruttore chiuso.

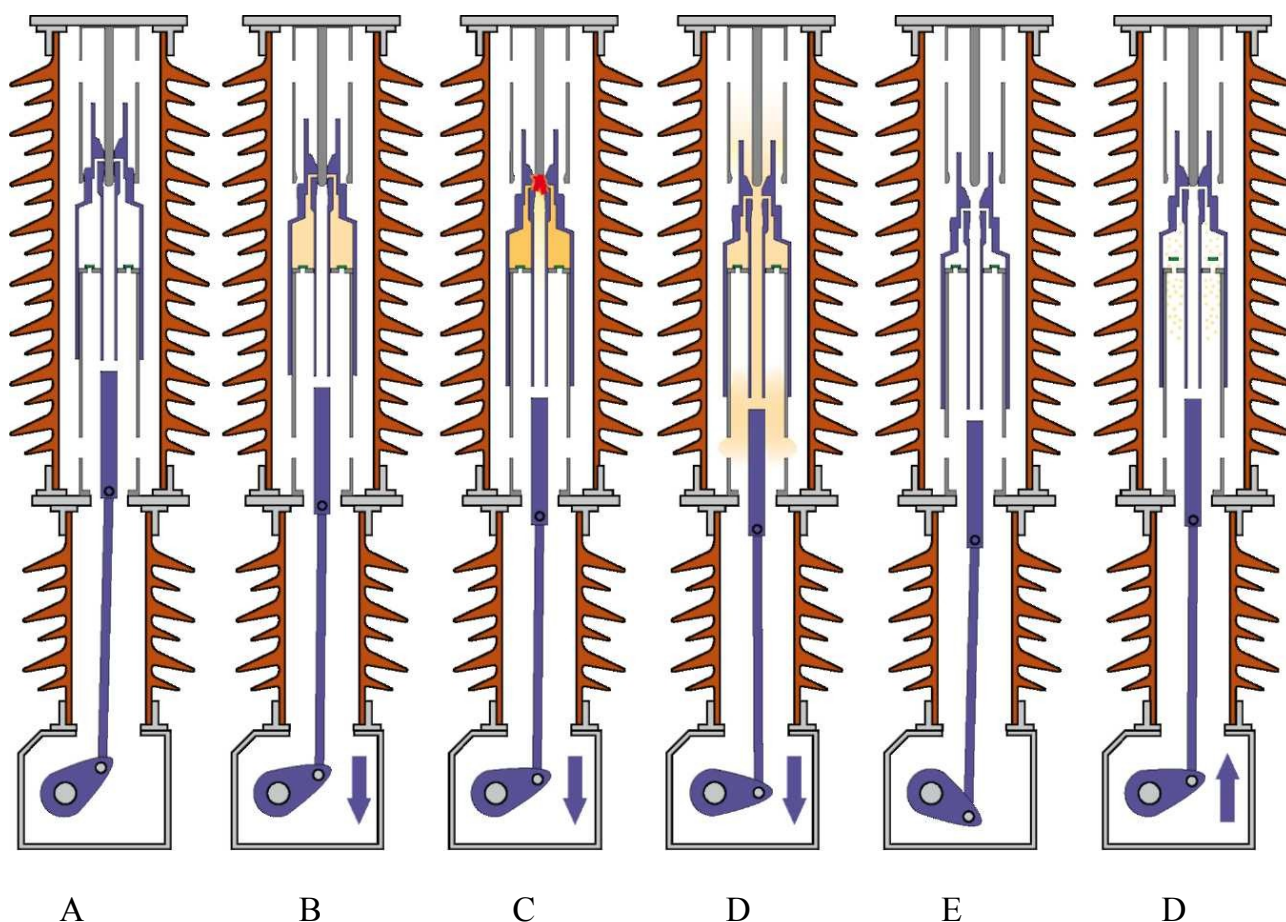


Figura 2.7.2 Funzione di un interruttore pesce palla:

A. Chiuso posizione. La corrente viene condotta attraverso i contatti principali.

B. La separazione dei contatti principali. I contatti mobili hanno cominciato a cambiare posizione, il principale contatti sono separati. La corrente è commutata a contatti d'arco. La pressione è di iniziare a costruire nel volume piumino.

C. Dopo la separazione dei contatti d'arco un arco è stabilito tra di loro. Pressione nel pesce palla volume continua ad aumentare.

D. Arc estinzione. Gli approcci attuali zero e il gas freddo da esplosioni di volume la bomboletta spray su attraverso l'ugello, il raffreddamento l'arco e lo spegnimento.

E. I contatti sono ora completamente aperte, la proposta è stata smorzata e fermati dalla operativo meccanismo.

F. Durante la chiusura la stretti contatti e il volume di pesce palla è riempito con il gas freddo, rendendolo pronto per l'operazione di prossima apertura.

Una caratteristica importante del progetto è il pesce palla corrente-dipendente la formazione di estinzione di pressione. A un funzionamento a vuoto (senza arco), la pressione massima nel cilindro del pesce palla è in genere il doppio della pressione di riempimento. Vedere il vuoto curva in Figura 2.8.

Contatto separazione

Chiuso

posizione

Principali arco Arco

estinzione

Aperto  
posizione  
Chiusura  
A B C D E

Un bruciore pesante arco tra i blocchi contatti il flusso di gas attraverso il ugello. Quando la corrente diminuisce verso lo zero, il diametro diminuisce anche arco, lasciando spazio sbocco più e più libero per il flusso di gas. Un intero flusso di gas è quindi stabiliti a corrente zero, con conseguente raffreddamento massimo quando necessario. Il blocco dei ugello (intasamento ugello) durante l'intervallo di corrente ad alta dà un ulteriore accumulo di pressione nel cilindro pesce palla che possono essere più volte il massimo a vuoto di pressione (vedi Figura 2.8).

In altre parole: il volume di pesce palla in calo, ugello intasamento e il riscaldamento della il gas dal interagiscono per creare un arco ad alta pressione.

L'alta pressione in palla richiede una elevata forza di esercizio. L'energia di scoppio è quindi quasi interamente fornito dal meccanismo di funzionamento.

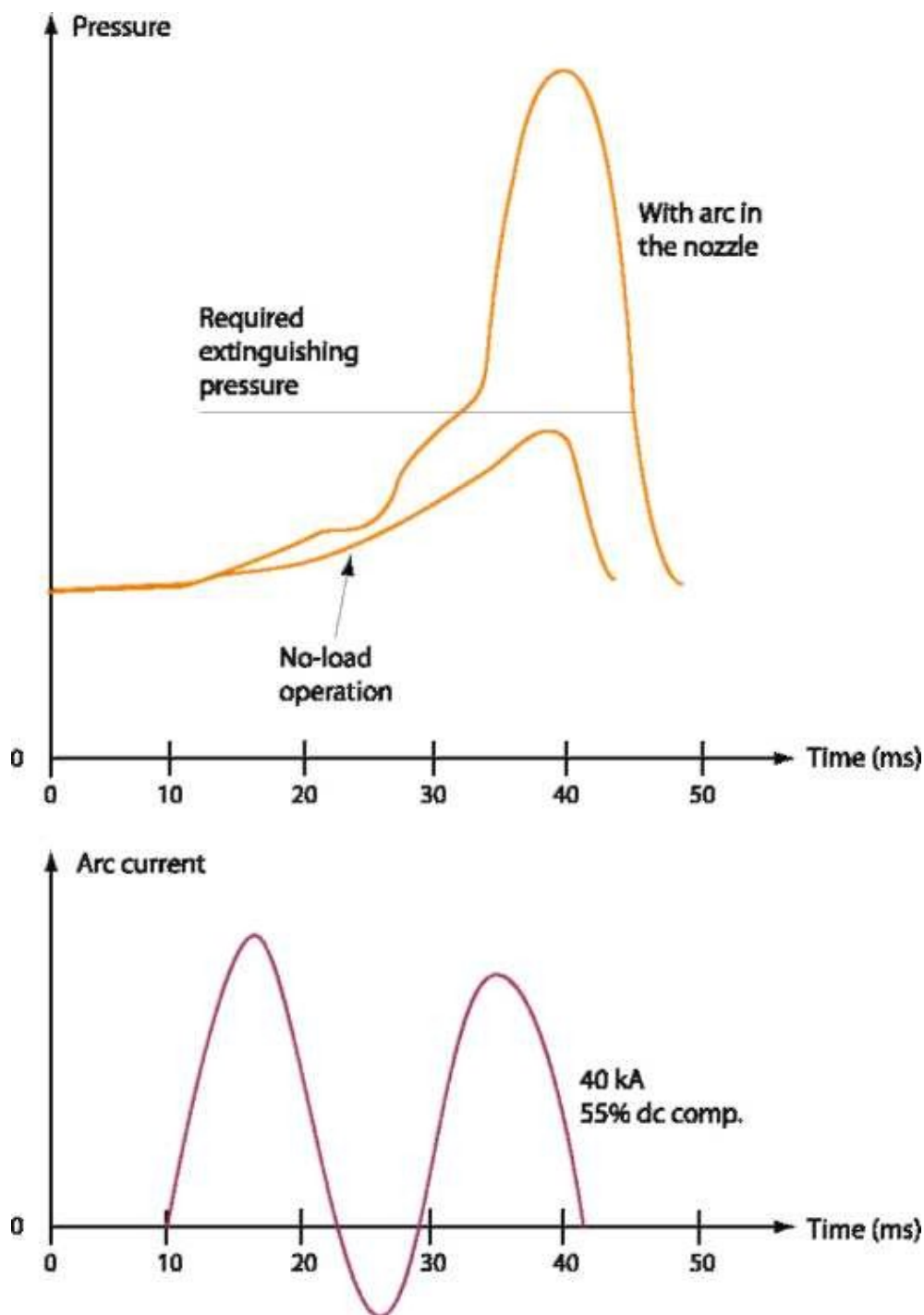


Figura 2.8. Pressione nel volume a palla a vuoto e il funzionamento durante la sospensione di un asimmetrico corrente di corto circuito di 40 kA  
 Al fine di estinguere l'arco, una certa pressione del getto è richiesto ed è deciso dalla velocità di cambiamento di corrente in assenza di corrente ( $di / dt$ ) e la velocità di aumento della Tensione di recupero subito dopo lo zero di corrente ( $du / dt$ ) come descritto al punto 2.4.2.1.



#### **2.4.5 SF6 self-blast interruttori**

**L'esperienza di servizio ha dimostrato che i fallimenti interruttore a causa di insufficiente interrompere capacità sono rari. La maggior parte dei fallimenti riportati sono di un meccanico natura, ed è per questo si sono compiuti sforzi per migliorare l'affidabilità complessiva del sistema operativo meccanismi. A causa del fatto che gli interruttori richiedono palla alta energia di funzionamento, i produttori sono stati costretti a utilizzare i meccanismi pneumatici, meccanismi idraulici meccanismi a molla o ad alta energia.**

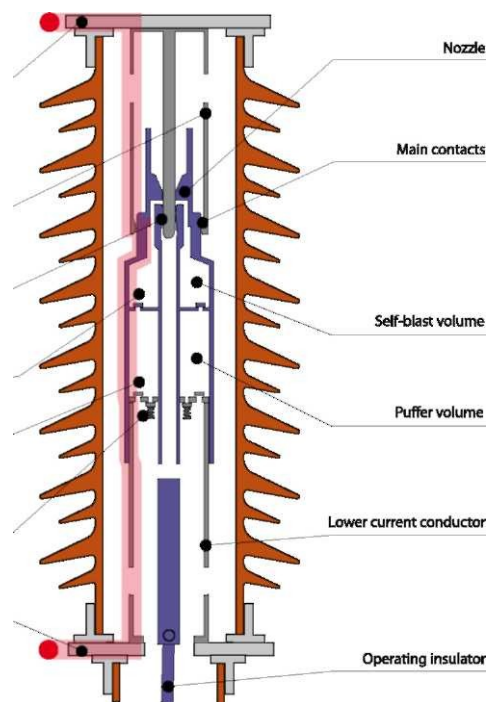
**In un interruttore normale circuito di pesce palla, la maggior parte della pressione del getto si crea con energia dal meccanismo di funzionamento. La situazione ideale sarebbe di lasciare l'arco produrre l'esplosione di pressione. In questo modo, il meccanismo di funzionamento ha solo bisogno di trasportare l'energia necessari per il trasferimento del contatto. Tuttavia, questa situazione ideale non può attualmente non essere raggiunto a tensioni superiori. I problemi sorgeranno quando interrompere piccole correnti, in quanto c'è solo una quantità limitata di energia disponibile per l'aumento della pressione. Per questo motivo un compromesso è stato raggiunto: un interruttore di circuito di auto-esplosione con pre-compressione.**

**I principi di auto-esplosione ha rappresentato un grande passo avanti sulla strada di ridurre il sistema operativo di energia.**

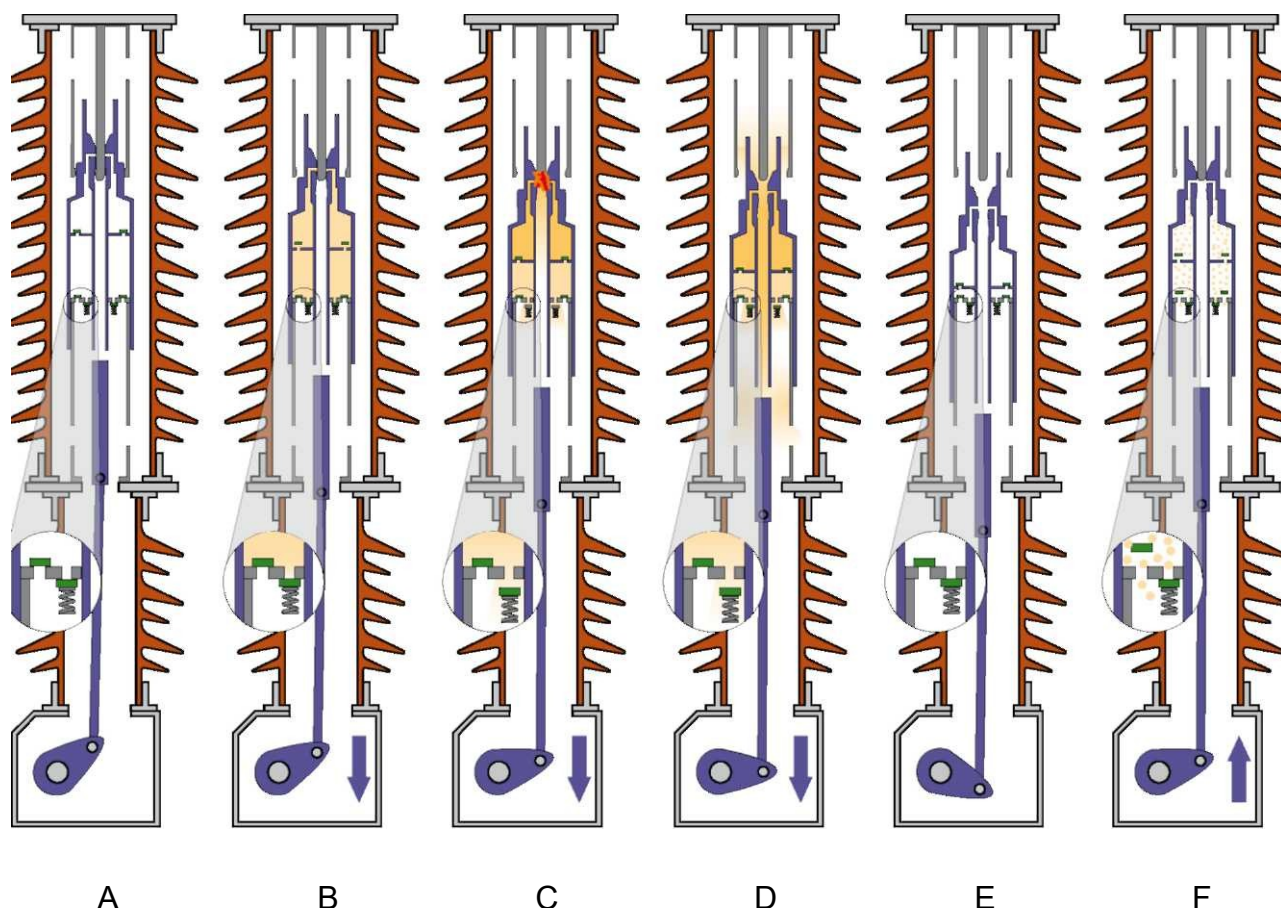
**La tecnologia di auto-esplosione ha denominazioni diverse: auto-pesce palla, circuito arc-assistita interruttore, interruttore termo-assistita o semplicemente interruttore di circuito di auto-esplosione.**

**Poiché la pressione del getto necessaria per l'interruzione delle correnti di bassa e bassa corrente**

**derivati (cfr. 2.4.2.1) è moderato, un piccolo aumento della pressione indipendente corrente è sufficiente. Per correnti superiori, l'energia che producono la pressione del getto è tratto da l'arco attraverso il riscaldamento del gas.**



**Figura 2.9.1** Principali componenti del interruttore auto-esplosione. Rosso colore indica il percorso corrente attraverso l'interruttore chiuso.



**Figura 2.9.2 interruttore auto-esplosione SF6 con pre-compressione. La figura mostra l'interruzione di corrente elevata.**

**A. Chiuso posizione. La corrente viene condotta attraverso i contatti principali.**

**B. La separazione dei contatti principali. Il contatto mobile ha cominciato a cambiare posizione, i contatti principali si sono separati. La pressione è di iniziare a costruire nel pesce palla e dei volumi di auto-esplosione. L'attuale è commutato ai contatti d'arco.**

**C. Dopo la separazione dei contatti d'arco un arco è stabilito tra di loro. Calore dal arco genera pressione nel volume di auto-esplosione, la valvola si chiude quando la pressione è più elevato che in il pesce palla volume .\***

**D. Arc estinzione. Gli attuali approcci zero e il gas da esplosioni di volume di auto-esplosione up attraverso l'ugello, il raffreddamento l'arco e lo spegnimento. Una pressione eccessiva nel volume pesce palla viene rilasciato attraverso la valvola limitatrice della pressione.**

**E. I contatti sono ora completamente aperte, la proposta è stata ammortizzata e fermato dalla operativo meccanismo.**

**F. Durante la chiusura la stretti contatti e il volume di pesce palla è riempito con il gas freddo, rendendolo pronto per l'operazione di prossima apertura.**

**\* In bassa corrente di rottura alla pressione generata dal arco non sarà sufficiente a chiudere la valvola. Il self-blast interruttore sarà quindi funzionare come un interruttore piumino.**

**Come si può vedere in Figura 2.9.1, la camera di estinzione è diviso in due sezioni:**

**il volume di auto-esplosione e il volume piumino. Le due sezioni sono separate dal auto-esplosione della valvola.**

**Quando elevate correnti di guasto sono interrotti, la pressione nel volume di auto-esplosione generata dall'arco sarà così alta che la valvola si chiude, impedendo il gas da fuga nel volume piumino. Invece, il gas in pressione passerà attraverso il ugello ed estinguere l'arco.**

**A basse correnti, di solito qualche kA, l'arco non avrà energia sufficiente a generare una pressione sufficientemente alta per chiudere la valvola e interruttore funzionerà come un palla interruttore.**

**La pressione nel volume pesce palla è relativamente indipendente della corrente se l'interruttore di circuito funziona come un interruttore auto-esplosione o come un interruttore di piumino. Si tratta di limitata a un livello moderato per mezzo di una valvola a molla (valvola di sovrappressione),**

**il che significa che l'energia di compressione richiesto dal meccanismo di funzionamento è limitata. Figura 2.10 mostra come l'energia proveniente dal meccanismo di funzionamento viene utilizzato.**

**Rispetto ad un interruttore di circuito convenzionale palla della stessa potenza, l'energia requisiti del meccanismo di funzionamento può essere ridotto al 50% o meno.**

**Figura 2.10 Utilizzo di energia che operano a un'operazione di rottura**

#### **2.4.6 Configurazione dei contatti mobili**

**Per interruttori di auto-esplosione, alcuni principi diversi di muoversi configurazioni di contatto esistono. Il loro scopo è quello di diminuire ulteriormente la quantità di energia necessaria per il funzionamento dell'interruttore.**

**Il design single-motion domina il mercato di oggi. Questo è il tipo più semplice di progettazione, utilizzando una che si muove insieme di archi e contatti principali.**

**Il design a doppio-motion utilizza un sistema di collegamento a muoversi sia la palla con il sistema di contatto inferiore, e il contatto arco superiore, in direzioni diverse.**

**Questo significa che il requisito della velocità del meccanismo di funzionamento è drasticamente ridotto, in quanto la velocità di contatto sarà la velocità relativa tra la parte superiore e inferiori contatti. Il principale vantaggio del regime a doppio movimento è ridotto a icona necessità di energia per il movimento di contatto a causa di esigenze di velocità più bassi. Questo è visualizzati tramite l'equazione per l'energia cinetica:**

**Il design a triplo movimento è basato sul design a doppio movimento, ma si muove in alto scudo ad una velocità diversa rispetto a quella del contatto arco superiore per ottimizzare la distribuzione dei campi elettrici e ottenere una migliore prestazione dielettrica.**

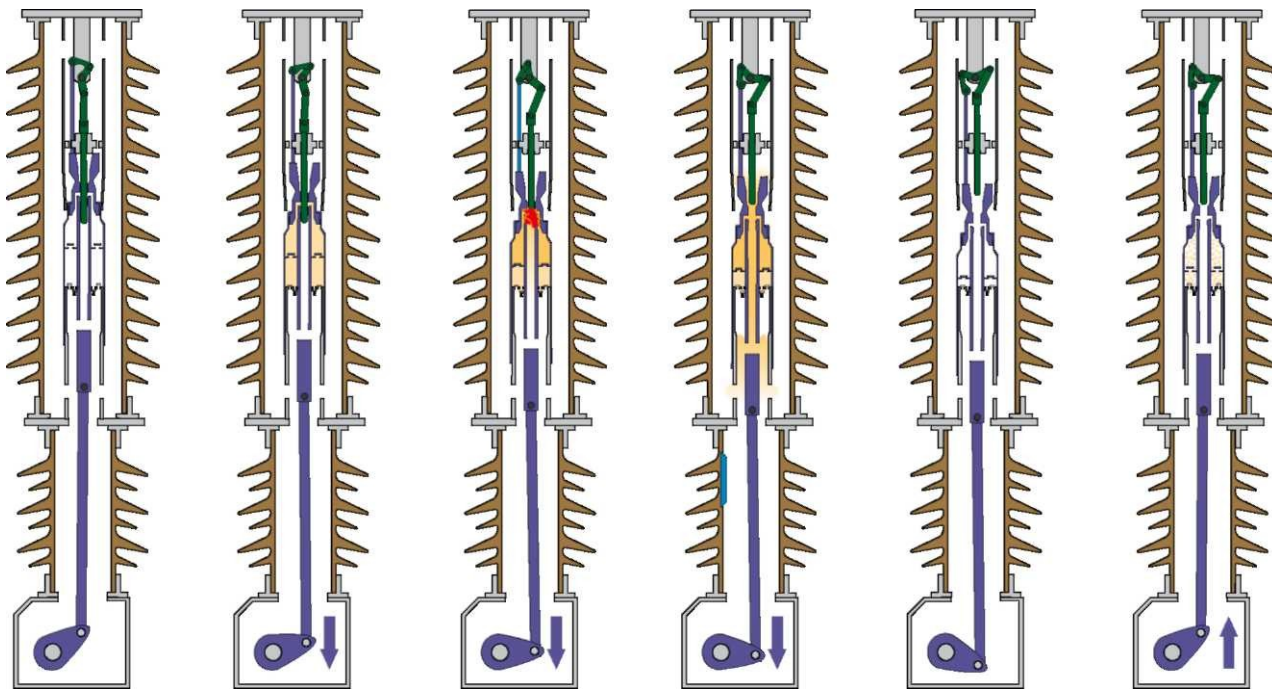


Figura 2.11 Doppio movimento di design

## 2.5 MECCANISMI DI FUNZIONAMENTO

### 2.5.1 Generale

Il requisito principale del meccanismo di funzionamento è quello di aprire e chiudere i contatti dell'interruttore entro un tempo specificato. Il meccanismo di funzionamento fornire le seguenti funzioni consecutive:

- Caricamento e memorizzazione di energia
- Liberazione di energia
- Trasmissione di energia
- Funzionamento dei contatti di

Inoltre, un meccanismo di funzionamento prevede il controllo e l'interfaccia di segnalazione di una rete di controllo e sistema di protezione.

Figure 2.2 e 2.3 mostrano la posizione del meccanismo di funzionamento.

Un requisito comune a più interruttori di circuito, indipendentemente dal tipo di esercizio meccanismi, è di effettuare un open-close-open (O - 0,3 s - CO) sequenza senza alimentazione esterna al meccanismo di funzionamento. L'interruttore deve, dopo una manovra di chiusura, sempre in grado di viaggio immediatamente, senza ritardo intenzionale.

Per gli interruttori destinati alla rapida richiusura automatica, il ciclo di lavoro che operano in secondo IEC 62271-100 è: O - 0,3 s - CO - 3 min - CO

Il tempo di 3 minuti è il tempo necessario per il meccanismo operativo per ripristinare il suo O il potere dopo un - 0,3 s - CO primavera Moderna e meccanismi di funzionamento idraulico fare

Non è necessario 3 minuti per ristabilire il loro potere, in alternativa IEC specifica che il tempo di valori 15 s. o 1 min. può anche essere usato. Il tempo morto di 0,3 s è basato sul recupero tempo dell'aria circostante un arco esterno al sistema (ad esempio un corto circuito).

**A volte la sequenza operativa CO - 15 s - CO è specificato.**

### **2.5.2 Meccanismo a molle**

**Nel meccanismo a molla, l'energia per il funzionamento di apertura e chiusura è memorizzato in molle. Quando il sistema di controllo del meccanismo, riceve un comando di apertura o chiusura, l'energia immagazzinata in primavera verrà emesso e diffuso attraverso un sistema di leve e collegamenti ed i contatti si sposta in posizione aperta o chiusa.**

**Nella maggior parte dei disegni della molla di chiusura ha due compiti: a chiudere i contatti, e al stesso tempo per caricare la molla di apertura (o molle). Così ai criteri sopra esposti sono soddisfatte, l'interruttore in posizione di chiusura è sempre pronto a viaggio.**

**Dopo la O - 0,3 s - cooperazione, la molla di chiusura saranno ricaricati da un motore elettrico motore, una procedura che dura 10-20 secondi. L'interruttore sarà quindi pronto per un'altra cooperazione.**

**Un esempio di un meccanismo a molla è mostrata in Figura 2.12. Questo tipo di meccanismo ha una serie di molle elicoidali ferita parallelo con movimento lineare. La elettrico**

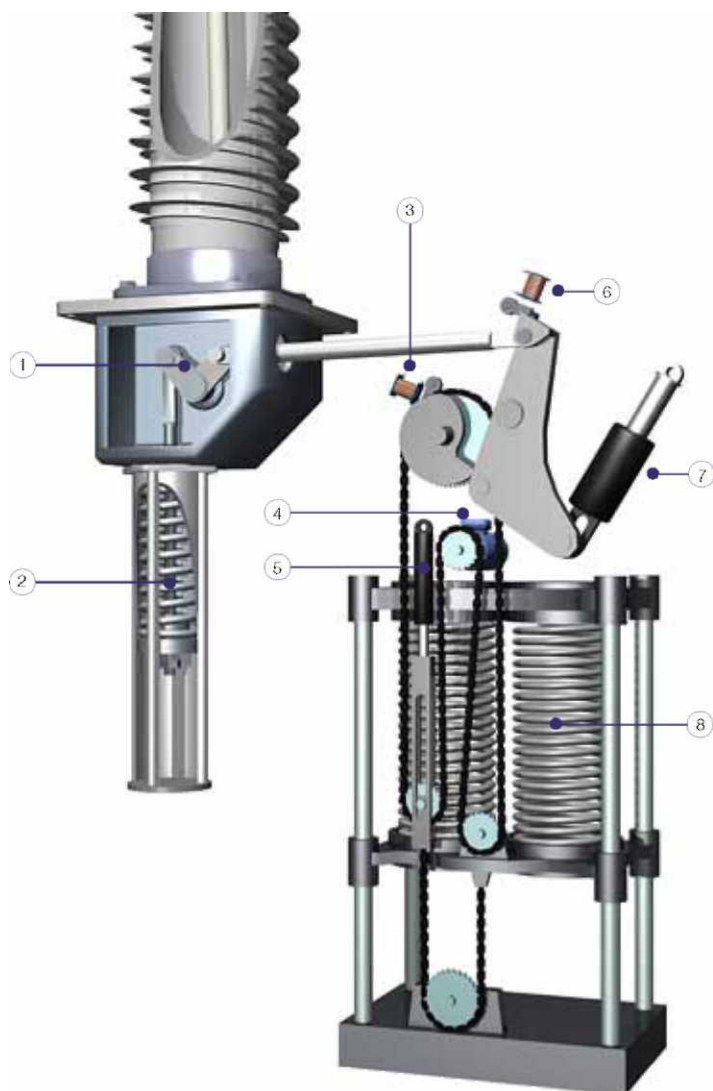
**Spese motore tramite le molle una catena senza fine. Quando il fermo di chiusura viene rilasciato, l'energia immagazzinata nelle sorgenti vengono trasmessi tramite un disco rotante a camme e un sistema di leve e collegamenti con il polo interruttore o pali. La molla di viaggio è in questo caso situati al di fuori del meccanismo di funzionamento. Invece di molle elicoidali, molle di orologio può essere applicata. La funzione è la stessa**

**Per quanto riguarda le molle elicoidali di cui sopra. Figura 2.13 mostra un sistema con orologio molla per la chiusura dell'operazione.**

**Il vantaggio del meccanismo a molla è che il sistema è puramente meccaniche, non c'è rischio di fuoriuscita di petrolio o di gas, che potrebbero compromettere l'affidabilità.**

**Un sistema ben equilibrato di aggancio che prevede tempi di funzionamento stabile. Inoltre, il sistema a molla è meno sensibile alle variazioni della temperatura di meccanismi di pneumatici o idraulici. Questo garantisce stabilità anche alle estreme temperature.**

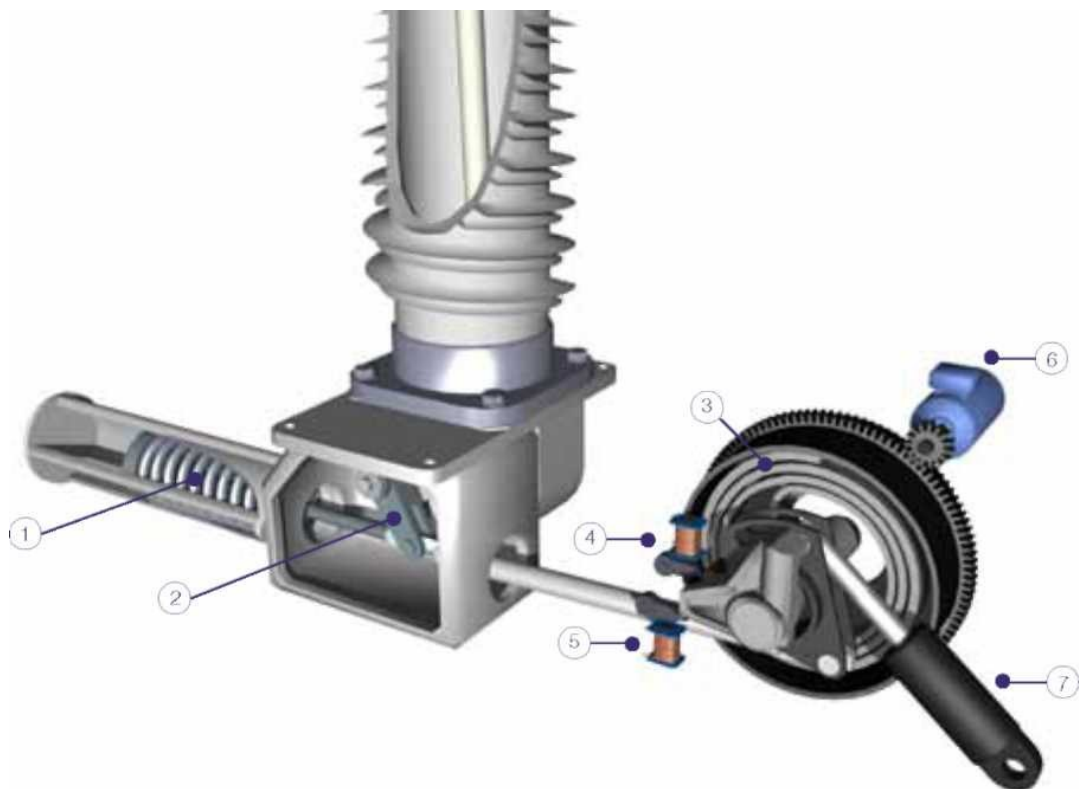
**Il meccanismo a molla ha meno componenti rispetto idraulici e pneumatici meccanismi, che migliora l'affidabilità.**



**Figura 2.12 primavera del meccanismo di funzionamento con molle elicoidali ferita. Trip e molle chiudere in posizione carica. ABB tipo BLG.**

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>1. Link marcia</b>                  | <b>5. Serranda di chiusura</b>      |
| <b>2. Gita di primavera</b>            | <b>6. Tripping fermo con bobina</b> |
| <b>3. Chiusura a scatto con bobina</b> | <b>7. Apertura serranda</b>         |
| <b>4. Motore</b>                       | <b>8. Chiudere le molle</b>         |





**Figura 2.13 primavera del meccanismo di funzionamento con molla di orologio. ABB tipo BLK.**

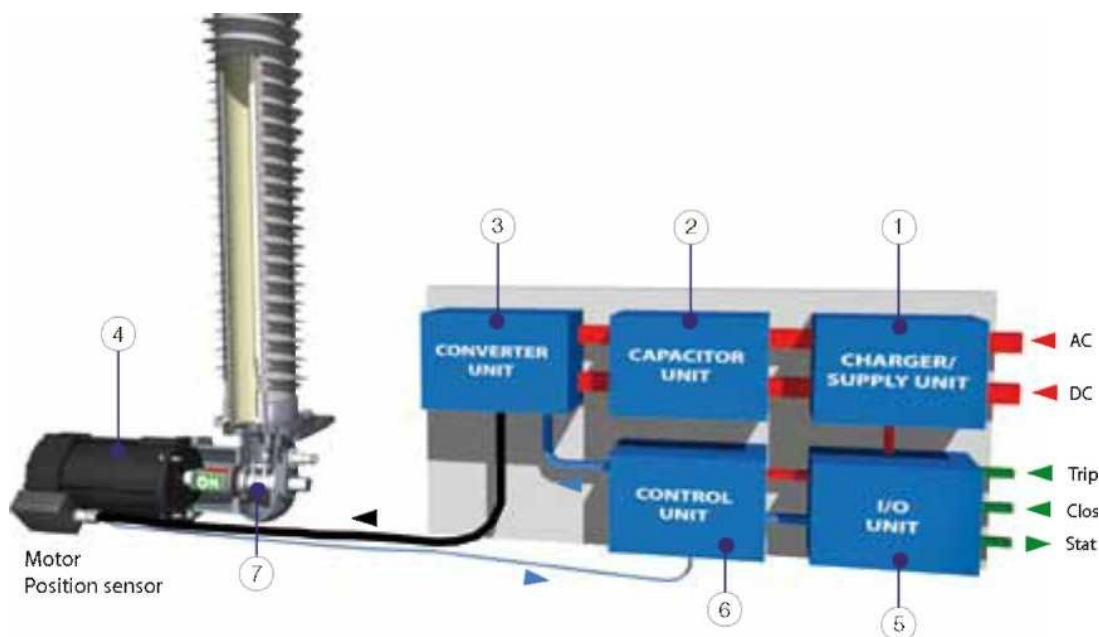
- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>1. Gita di primavera</b>         | <b>5. Chiusura a scatto con bobina</b> |
| <b>2. Link marcia</b>               | <b>6. Motore</b>                       |
| <b>3. Chiudere la molla</b>         | <b>7. Apertura serranda</b>            |
| <b>4. Tripping fermo con bobina</b> |  |

### **2.5.3 Motor Drive**

Uno dei meccanismi di funzionamento più recente sviluppo è il motore elettrico unità. L'azionamento del motore utilizza un servomotore per eseguire un funzionamento regolare e silenzioso dell'interruttore. Il funzionamento è controllato da un attivamente sensore che continuamente legge la posizione del motore e regola la corrente del motore per ottenere una viaggio curva ottimale. L'energia è memorizzata in un banco di condensatori e può essere consegnata istantaneamente al convertitore, che trasforma la corrente continua da condensatori e alimenta il motore con ac regolamentato.



**Il principale vantaggio della motorizzazione è il sistema minimizzato meccanica, che riduce la necessità di servizio al minimo e rende l'ideale per le applicazioni della tecnologia con le operazioni frequenti.**



**Figura 2.14 Schema a blocchi che mostra la funzione del Motor Drive**

- 1. Caricabatterie unità che converte tensione di alimentazione e alimenta i condensatori e componenti elettronici interni.**
- 2. Condensatore apparecchio memorizza l'energia per il funzionamento.**
- 3. L'unità di convertitore trasforma in corrente continua da condensatori di CA per il motore.**
- 4. Servomotore che fornisce la forza di spostare i contatti, sensore di posizione integrato offre informazioni alla centralina.**
- 5. La unità I / O si prende cura di segnalazione tra il sistema di controllo della stazione e il sistema operativo meccanismo.**
- 6. Unità di controllo che controlla e regola il movimento dei contatti. Le funzioni di blocco sono trattati anche da questo modulo.**
- 7. Link ingranaggio che trasforma il movimento rotatorio al movimento lineare.**

#### **2.5.4 meccanismo a comando pneumatico**

**Il meccanismo a comando pneumatico utilizza l'aria compressa come deposito di energia, e cilindri pneumatici per il funzionamento. Elettrovalvole consentire l'aria compressa nel cilindro di azionamento per la chiusura e di apertura. Il serbatoio di aria compressa è alimentata da un compressore. L'uso dei meccanismi di funzionamento pneumatico è in calo. A causa della pressione di esercizio elevata, vi è sempre un rischio di fuoriuscita di aria, soprattutto a basse temperature. C'è anche il rischio di corrosione dovuta all'umidità in aria compressa.**

### **2.5.5 meccanismo idraulico a comando**

**Il meccanismo idraulico di solito ha un cilindro con un differenziale di funzionamento pistone. L'olio è sotto pressione da un cuscino di gas in un accumulatore, e il sistema operativo cilindro è controllata da una valvola principale.**

**Il meccanismo idraulico presenta i vantaggi di alta energia e un funzionamento silenzioso.**

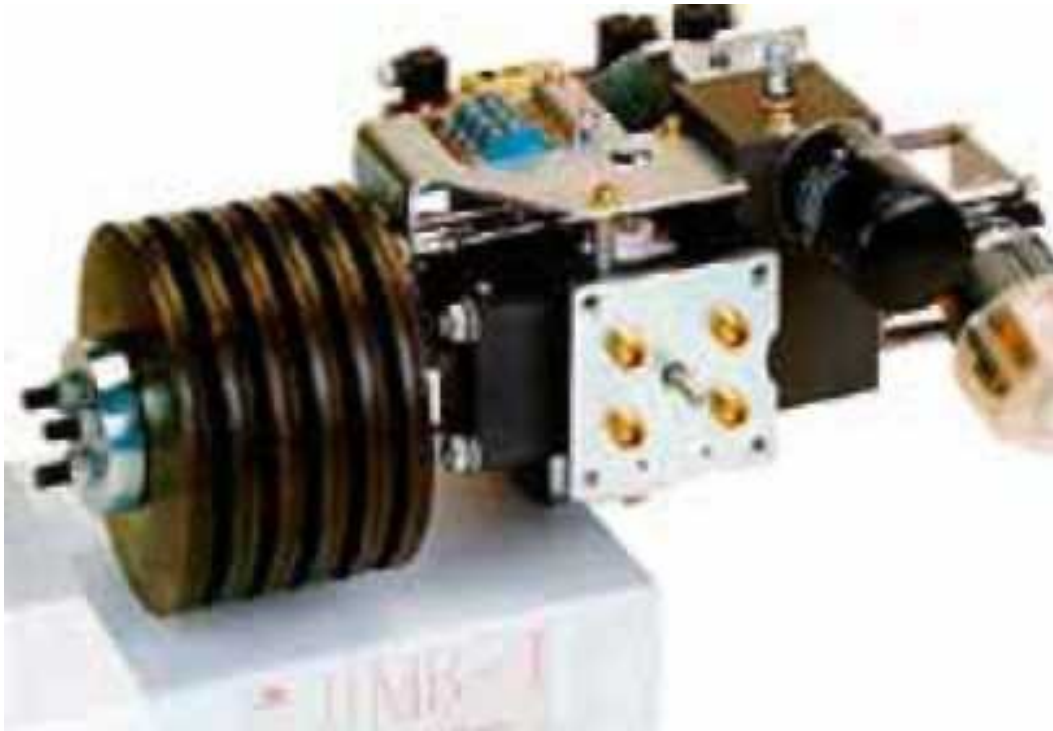
**Tuttavia, ci sono anche alcuni svantaggi. Ci sono diversi componenti critici specializzati che richiedono impianti di produzione. Il rischio di perdita non può essere trascurato come la pressione di esercizio è compresa nell'intervallo di 30-40 MPa (300-400 bar). Si tratta di necessario non solo per controllare la pressione in quanto tale, ma anche per controllare il livello dell'olio nell'accumulatore o, in altre parole, il volume del cuscino di gas. Grandi variazioni a portare a variazioni di temperatura in tempo di funzionamento.**

**Fino a poco tempo diversi produttori meccanismi idraulici utilizzati per la loro SF6 interruttori. Tuttavia, con l'introduzione di interruttori di auto-esplosione, il requisito di alta energia per il funzionamento è in calo e i meccanismi idraulici sono perdere terreno a meccanismi a molla.**

### **2.5.6 meccanismo idraulico a molla**

**Il meccanismo idraulico a molle è un meccanismo operativo che unisce idraulica e molle. L'energia è memorizzato in un insieme di primavera, che è in tensione idraulicamente.**

**Un pistone differenziale, alimentato da olio che è sotto pressione dal pacchetto di primavera, viene utilizzato per azionare l'interruttore in apertura e chiusura.**



**Figura 2.15 idraulico meccanismo a molla. ABB tipo HMB**

### **2.5.7 Altri tipi di meccanismi di funzionamento**

**Oltre ai tipi di meccanismi di funzionamento di cui sopra, ci sono altre varianti, ad esempio un disegno che si applica fondamentalmente la stessa tecnologia del pneumatico meccanismi, ma con gas SF<sub>6</sub> invece di aria.**

**Un altro progetto è il meccanismo attuatore magnetico, che è applicata solo per alcuni interruttori di media tensione.**

## **3. COMMUTAZIONE DI CORRENTE DI RETE E SOTTOLINEA**

### **3.1 correnti di corto circuito**

Un interruttore deve essere in grado di interrompere simmetrici e asimmetrici correnti di corto circuito. Asimmetrica correnti di corto circuito costituito da un simmetrico componente sovrapposta una componente continua. La componente dc diminuirà nel tempo.

Si consideri una parte di una tipica rete come mostrato nella Figura 3.1. In funzionamento normale, correnti di carico della grandezza di circa 100 ampere fluirà nei vari filiali. Se un corto circuito si verifica da qualche parte nel sistema, le correnti cambieranno radicalmente in correnti di corto circuito, che sono due o tre ordini di grandezza superiore rispetto correnti di carico.

Figura 3.1 Rete con figura di corto circuito 3,2 equivalente monofase di rete

Con un corto circuito al punto A, il sistema può, in una semplice stima, essere rappresentato da una rete equivalente monofase come mostrato nella Figura 3.2. L'induttanza  $L$  può essere ottenuta dalla potenza di corto circuito (a livello di colpa)  $SK$  della rete come: In questa equazione è  $\omega$  la frequenza angolare ( $2\pi f$ ) e  $U$  è il sistema di tensione (Fase-fase).

La resistenza  $R$  rappresenta le perdite in rete. Normalmente è bassa rispetto la reattanza induttiva  $X = \omega L$ , forse dal 5 al 10%. La fonte di tensione  $u$  nella figura 3.2 è la tensione fase-neutro.

Figura 3.3 mostra l'ensioni e correnti associate a un corto circuito nel punto A.

Fino al momento di cortocircuito - che è stato scelto arbitrariamente - la corrente è basso ed è stato indicato come una linea zero in figura. Dopo il corto circuito si è verificato, l'attuale approccio di uno stato di equilibrio simmetrico  $i_{sym}$  valore. La fase di Angolo saranno quasi  $90^\circ$  in ritardo, in quanto il circuito è più o meno puramente induttivo. Dal momento che la corrente in un circuito induttivo non può essere discontinua in corto circuito istante, la corrente totale di cortocircuito ( $i_{total}$ ) consisterà in una parte simmetrica  $i_{sym}$  e IDC dc componente:

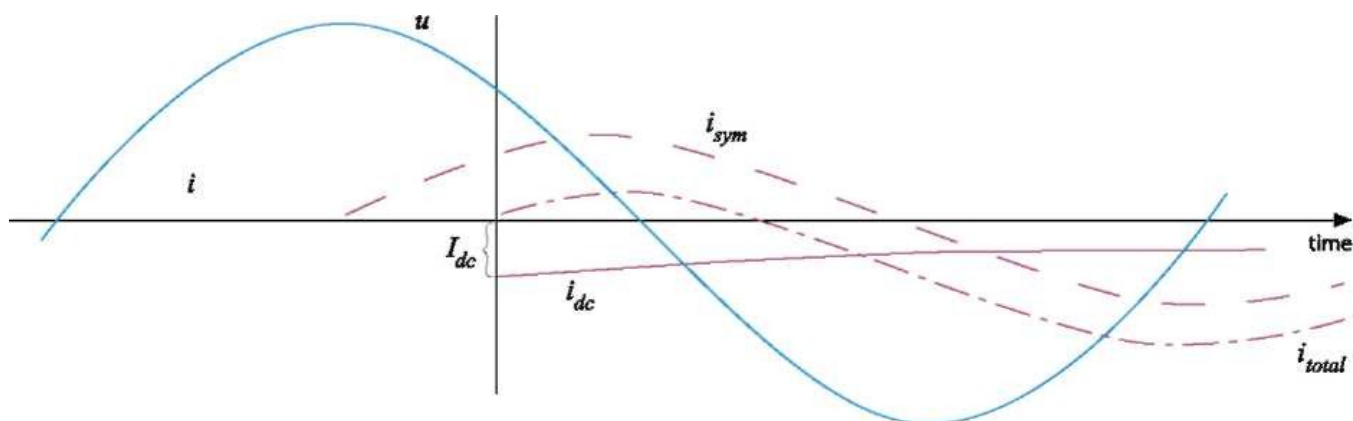


Figura 3.3 Corrente e tensione di corto circuito

La grandezza iniziale  $I_{dc}$  della componente continua sarà pari al istantanea valore della simmetrica  $i_{sym}$  corrente di cortocircuito nel momento di corto circuito e ha la polarità opposta. In questo modo il passaggio dal carico al corrente di corto circuito si essere continuo.

La componente dc seguirà una curva esponenziale smorzato e può essere scritta come: dove:

$t$  tempo di avvio del corto circuito

$\tau$  la costante di tempo della rete

$\tau$  è determinato dalle perdite del circuito,  $\tau = L / R$  ed è dell'ordine di 20 - 60 ms nelle reti tipici.

### 3.1.1 tempo standardizzato e costante asimmetria

Sia IEC e IEEE utilizzare un valore standard di costante di tempo,  $\tau = 45$  ms. Questo valore copre la maggior parte dei casi.

A volte specificazione della costante di tempo è sostituita dalla specificazione della  $X / R (= \omega L / R)$  il rapporto della rete. Questo valore dipende dalla frequenza di rete.

Il tempo standard costante di 45 ms corrisponde al  $X / R = 14$  a 50 Hz, e  $X / R = 17$  a 60 hertz.

Normalmente la quantità di asimmetria della corrente a un determinato istante di tempo è riferire il componente continua in percentuale del (valore di picco) simmetrici corrente.

Il componente dc per le prove di un interruttore di circuito è determinato come segue (Fare riferimento alla IEC 62271-100):

"Per un interruttore automatico che è destinato ad essere intervenuto esclusivamente per mezzo di ausiliari potere (ad esempio dando un impulso a un dispositivo che rilascia il interruttore per funzionamento), la percentuale di componente continua corrisponde ad un intervallo di tempo pari per il tempo di apertura minimo Inizio dell'interruttore e della metà del ciclo di nominale

frequenza  $T_r$ . "(vedi anche Figura 3.4).

Esempio:

Qual è la componente continua richiesta per un interruttore automatico con un minimo tempo di apertura di 18 ms, utilizzato su un sistema di 50 Hz con una costante di tempo di 45 ms?

Risposta:

Tempo minimo di apertura:  $T_{op} = 18$  ms

Frequenza nominale 50 Hz dà  $T_r = 10$  ms

$T_{op} + T_r = 18 + 10 = 28$  ms porta ad una componente continua del 54% (vedi Figura 3.4)

Per la frequenza nominale 60 Hz ( $T_r = 8.3$  ms) la componente DC è al 56%.

Il r.m.s. valore della corrente asimmetrica (anche conosciuta come la corrente totale) può essere determinato con la seguente formula:

dove:  $p$  la componente continua in p.u.

$I_{sym}$  il RMS. valore della parte simmetrica

A volte è necessario utilizzare valori più grandi per la costante di tempo di 45 ms. Per esempio, questo può essere il caso nei pressi di gruppi elettrogeni di grandi dimensioni, dove la rete di resistenza è basso. Per tali situazioni IEC specifica alternativa, "speciali costanti di tempo del caso":

- 120 ms per tensioni nominali fino a 52 kV
- 60 ms per tensioni nominali da 72,5 kV fino al 420 kV
- 75 ms per tensioni nominali 550 kV e superiori

Al fine di minimizzare la sperimentazione speciali, ecc è preferibile che questi valori sono applicato quando il valore standard di 45 ms non possono essere utilizzati.

Figura componente Percentuale 3,4 cc in relazione al tempo (dalla IEC 62271-100)

### 3.1.2 CORRENTE DI PICCO

A causa della componente continua, la corrente di corto circuito sarà asimmetrico per un certo tempo dopo l'inizio del corto circuito. Da un lato, questo deve essere considerato quando gli interruttori di progettazione, che sarà chiamato ad interrompere tale correnti. D'altra parte, questo è importante per tutti i componenti della rete, dato che le sollecitazioni meccaniche dovute alle correnti saranno più severe al massimo picco della asimmetrico corrente di cortocircuito.

Il picco più alto possibile di corrente si verificherà se il corto circuito è avviata su passaggio zero della tensione. La probabilità che ciò avvenga nella rete è bassa, ma deve essere considerato. Fulmine colpisce avvenire in istanti di tempo casuale, e può dunque nel peggiore dei casi avviare cortocircuiti quando la istantaneo tensione nel sistema è pari a zero. Al contrario, eventuali cortocircuiti causati dal sistema stessa tensione, ad esempio nel caso dei sistemi di isolamento danneggiati o inquinati, saranno principalmente si verificano vicino al valore di picco della tensione nel sistema.

Il valore iniziale della componente dc nella peggiore delle ipotesi sarebbe:

Half un periodo successivo (10 ms a 50 Hz) il valore di picco si sarebbe verificato.

Supponendo un nominale frequenza di 50 Hz e una costante di tempo di 45 ms, il valore di picco sarebbe:

A 60 Hz il valore di picco sarebbe:

Sulla base di questa relazione IEC specifica che, nei casi con costante di tempo 45 ms, il picco corrente ammissibile è 2,5 volte il r.m.s. valore del simmetrico corrente di cortocircuito a 50 Hz. Per 60 Hz, sia IEEE e IEC specificare un fattore di moltiplicazione di 2.6. Per il "Speciali costanti di tempo caso," più grande di 45 ms, il fattore di moltiplicazione è 2.7.

Un interruttore automatico deve essere in grado di far fronte con il picco massimo della corrente nel chiuso posizione (Corrente nominale di picco). Inoltre, deve essere in grado di resistere alle stessa corrente di picco nel caso in cui il corto circuito è avviata da una operazione di chiusura dell'interruttore (nominale di corto circuito rendendo attuale).

### 3.2 Terminal difetti

errori sono colpe Terminal situato direttamente sul / o in prossimità dell'interruttore terminali. In questo caso, l'impedenza totale corto circuito è uguale alla parte della sorgente impedenza. Di conseguenza, il guasto del terminale è la condizione che dà la massima corrente di corto circuito.

#### 3.2.1 Transitorio di recupero di tensione (TRV) in reti monofase

Si consideri ancora la rete di Figura 3.1 con un corto circuito nel punto A e il rete equivalente mostrato nella figura 3.2. Per capire cosa succede quando il corto circuito è interrotta per l'interruttore di cui al punto B, la stessa rete possono essere utilizzati solo con l'aggiunta di una capacità C, che rappresenta il totale randagi capacità della rete di lato origine. Si veda la Figura 3.5.

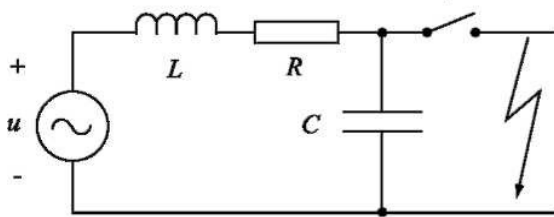


Figure 3.5 Single-phase equivalent network for determination of the TRV

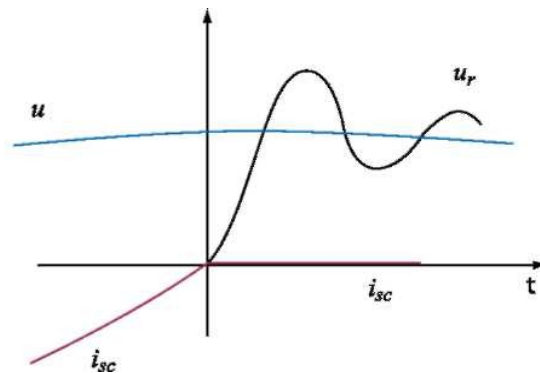


Figure 3.6 Current and voltage at interruption

La figura equivalente 3,5 monofase rete per la determinazione del TRV

Figura 3.6 Corrente e tensione al interruzione

Figura 3.6 mostra la corrente e la tensione alla interruzione della corrente. Il interruttore solo interrompere la corrente a una corrente pari a zero. In questo istante il tensione  $u$  alimentazione della rete è vicina al suo valore di picco, in quanto il circuito è quasi puramente induttivo. La tensione in tutta l'interruttore è basso (pari alla tensione d'arco) finché la corrente non è stato interrotto. Dopo l'interruzione, questa tensione si avvicina al valore della tensione di alimentazione tramite una oscillazione transitoria con un frequenza determinata da  $L$  e  $C$  della rete. Il superamento sarà tipicamente dell'ordine del 40-60%. (Se il circuito è del tutto priva di perdite,  $R = 0$ , il superamento sarebbe stato 100%).

La tensione in tutta l'interruttore dopo l'interruzione viene chiamata la tensione di recupero. La prima parte oscillatorio di esso è denominato Recupero Transient Voltage (TRV), mentre la parte successiva è detta frequenza della tensione di alimentazione di recupero. Il potere recupero di tensione di frequenza è uguale alla tensione di circuito aperto della rete al posizione dell'interruttore.

Sia la velocità di aumento del recupero tensione (RRRV) e il valore di picco del TRV sono parametri importanti. Insieme con l'entità della corrente, questi parametri determinare la gravità del caso di commutazione. Il rapporto tra il picco del TRV e il picco della tensione lato origine è chiamato fattore di ampiezza.

La rete equivalente in Figura 3.5 è applicabile in situazioni con linee corte. Negli impianti con linee lunghe, è meno ragionevole usare una rete equivalente con un solo un induttanza e capacità concentrati, e la tensione di recupero avrà una forma più complicata. La figura 3.7, b, c mostra tre differenti situazioni semplificate.

- In Figura 3.7, la rete costituita da linee relativamente breve (tipico per la distribuzione

reti), e la TRV è una smorzata, oscillazione a frequenza singola. Questa è la stessa situazione come in Figura 3.6.

- In Figura 3.7, la rete è dominata da una linea estremamente lunga. In questo caso, il TRV avrà circa una forma d'onda esponenziale.

- Infine, nella figura 3.7c, la linea è più corta, e le onde riflesse di tensione dal fine remoto della linea si aggiungerà la forma d'onda TRV.

TRV forme in diverse reti semplificata

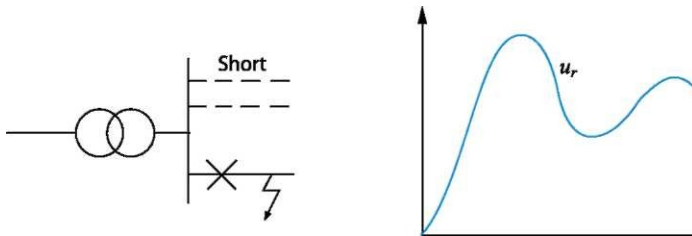


Figure 3.7a

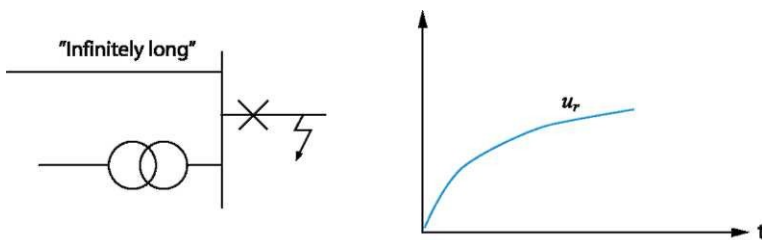


Figure 3.7b

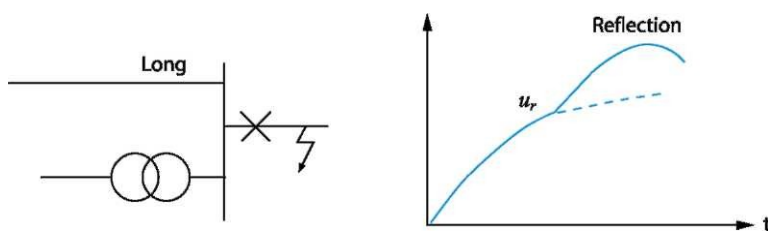


Figure  
3.7c



Figura 3.7  
 Figura 3.7  
 Figura 3.7c

reti tipica con relativamente alta tensione nominale avrà onda TRV forme che sono combinazioni di risposta a frequenza di 3.7 e la figura esponenziali (Con riflessione) di Figura 3.7c.

Sia IEC e IEEE hanno lo stesso approccio per la specifica dello standard transitori recupero di tensioni:

- Per tensioni nominali di sotto di 100 kV, una forma d'onda TRV come illustrato in Figura 3.7 è assunto. Si è descritto per mezzo di due parametri, UC e  $t_3$ , vedi Figura 3.8A.
- Per tensioni nominali 100 kV e, soprattutto, una forma d'onda TRV che è essenzialmente una combinazione di Figura 3.7 e 3.7c è assunto. Si è descritto per mezzo di quattro parametri,  $U_1$ , UC,  $T_1$  e  $T_2$ , si veda la Figura 3.8b. Questo metodo a quattro parametro viene utilizzato per elevate correnti di rottura (terminale prove del tipo di guasto al 100% e il 60% di rottura nominale attuale), mentre il metodo a due parametri viene utilizzato per le correnti di rottura inferiore.

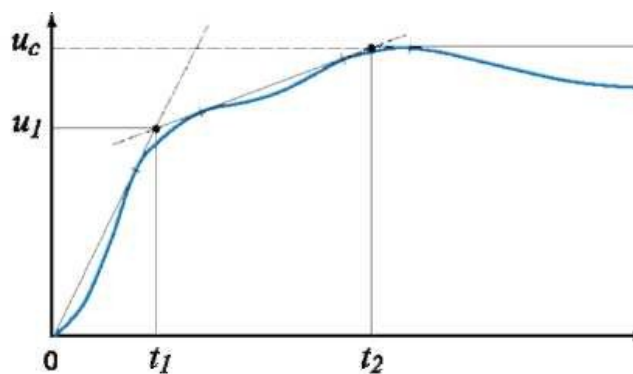
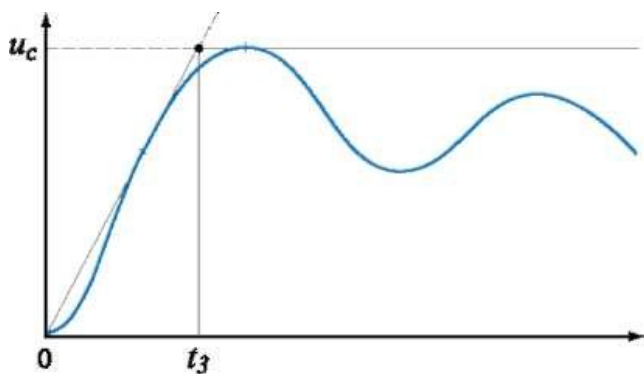


Figura 3.8A con TRV

linea di riferimento del 2-parametro Figura 3.8b con TRV

linea di riferimento a 4 parametri

### 3.2.2 TRV in tre fasi di reti

In una rete trifase, diversi tipi di corto-circuiti possono verificare: monofase a terra e in due fasi, con o senza messa a terra; e trifase, con o senza connessione di terra. Trifase corto-circuiti sono molto rare,

ma portano alle più severe sollecitazioni sui interruttori. Pertanto, la TRV tensione I valori utilizzati per le prove di tipo si basano su tre fasi difetti. Nella rete, le tre fasi si influenzano reciprocamente, e la prima fase sarà di interrompere l'esperienza lo stress TRV più gravi. Per compensare questo, di un primo polo a chiare fattore è introdotto.

Si consideri il circuito trifase mostrato nella Figura 3.9. Si tratta di un equivalente semplificato circuito di una rete con neutro a terra in modo efficace, con un ciclo di tre fasi di cortocircuito.

Il punto di corto circuito è isolato, cioè non ha alcun collegamento a terra. Quando il primo polo (polo "a" viene considerato il primo polo) interrompe la colpa, la simmetria è perduta e un puro due fasi cortocircuito rimane, provocando il potenziale del corto punto a turno.

Il potere di frequenza recupero ura tensione in tutta l'interruttore in pole "a" può essere scritta:  $U_{ra} = U_A - U_n$

A causa della simmetria del circuito, il potenziale del punto di cortocircuito connessi a terra, ONU conseguire un valore a metà strada tra  $U_b$  e  $U_c$  dopo interruzione del corrente in pole a. Si veda il diagramma vettoriale in Figura 3.10. Il valore assoluto del Frequenza tensione di alimentazione di recupero  $U_{ra}$  sarà poi  $U_{ra} = 1.5U_a$  cioè 1,5 volte la tensione fase-neutro.

Figura 3.9 Circuito equivalente, isolato trifase guasto in rete con effettivamente neutro a terra

Figura 3.10 Diagramma vettoriale

Il rapporto tra la tensione di alimentazione di recupero di frequenza della prima pole per cancellare e della fase di tensione terra è il primo fattore-pole-to-chiara:

Il primo fattore KPP poli-to-clear dipende dalle condizioni della rete. Per un trifase guasto a terra in un sistema con non efficacemente neutro a terra, o un trifase dissotterrato guasto in una rete con neutro a terra solidamente, KPP è pari a 1.5.

Questo è il valore più alto KPP possiamo raggiungere.

Nel caso abbastanza comune di un guasto trifase-a-terra in una rete con messa a terra neutro, KPP è legato alla reattanza di sequenza zero  $X_1$  e la sequenza

$X_0$  reattanza della rete come:

La variazione della KPP  $X_1/X_0$  rapporto con il sistema reattanza è mostrato nella Figura 3.11.

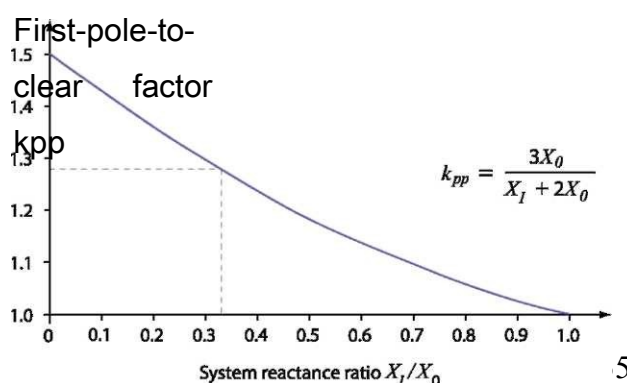


Figure 3.11 Variation of

Figura 3.11 Variazione della KPP con  $X1/X0$

Per una linea aerea normale, il  $X1/X0$  rapporto è generalmente intorno a 1 / 3. Quindi per una rete con neutro a terra, in cui la reattanza è dominata dalla reattanza di linea, dal fattore risultante di prima pole-to-chiaro, in caso di un corto circuito a terra, saranno dell'ordine di 1,3 (linea tratteggiata in Figura 3.11).

IEC 62271-100 si basa sul presupposto che a tre fasi guasti coinvolgere terra (Statistiche colpa disponibili dimostrano che questo è normalmente il caso). Pertanto IEC usi

Fattori di prima pole-to-chiaro per riflettere la pratica normale per quanto riguarda la messa a terra del sistema,

con  $KPP = 1.5$  per i non efficace messa a terra e  $KPP = 1.3$  per l'effettiva messa a terra sistemi di neutro:

Tensione nominale fattore U prima pole-to-chiaro (KPP)

$U \leq 72,5 \text{ kV}$  1,5

$72,5 < U \leq 170 \text{ kV}$  1,3 o 1,5

$U \geq 245 \text{ kV}$  1,3

Rated voltage U	First-pole-to-clear factor ( <i>kpp</i> )
$U < 72,5 \text{ kV}$	1.5
$72,5 < U < 170 \text{ kV}$	1.3 or 1.5
$U > 245 \text{ kV}$	1.3

Tabella 3,12 fattori di prima pole-to-chiaro secondo IEC

Fondamentalmente la standard IEEE specifichi gli elementi stessi di prima pole-to-chiaro IEC. In

Inoltre, tuttavia, IEEE prende in considerazione la possibilità che il piccolo isolato trifase errori possono accadere. Pertanto, come opzione, un fattore di prima pole-to-chiaro  $KPP = 1.5$  è specificato, per tensioni nominali di 100 kV e superiori.

### 3.3 Short-line guasti

guasti a breve-line (SLF) sono corto-circuiti che si verificano su una linea di trasmissione aeree ad una distanza relativamente breve (qualche chilometro) dal sottostazione. La colpa attuale è determinata non solo dalla impedenza di sorgente (di rete), ma anche dal impedenza della linea tra l'interruttore di circuito e la posizione di guasto. Il TRV in questo caso è caratterizzato dalla propagazione delle onde viaggiano lungo la linea, tra l'interruttore e la posizione di guasto.

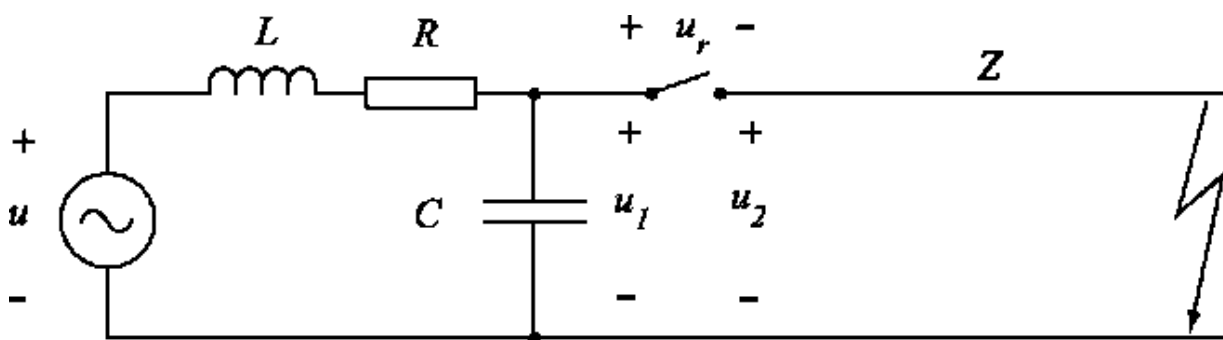


Figura 3.13 Short-line in monofase equivalente del circuito

Si consideri la Figura 3.13, che mostra un guasto di breve-linea in un equivalente monofase circuito. Il lato dell'offerta è stato modellato allo stesso modo come in Figura 3.5. Sulla lato del carico vi è ora una certa lunghezza della linea aerea, caratterizzata da un aumento impedenza  $Z$ , tra la località guasto e l'interruttore di circuito.

Il TRV a interruzione della corrente in questo circuito può essere ottenuta come la differenza

tra l'offerta e le tensioni lato carico:

Fino al momento dell'interruzione di corrente,  $U_1$  e  $U_2$  sono praticamente uguali. Dopo interruzione,  $U_1$  sarà l'approccio della tensione frequenza di alimentazione del sistema in un

modo oscillatorio nello stesso modo come a un guasto del terminale. La tensione sul carico  $u_2$  lato si avvicinerà allo zero attraverso una oscillazione smorzata a dente di sega, associata a onde di tensione in viaggio sul tratto di linea tra l'interruttore e il localizzazione dei guasti.

Come mostrato nella Figura 3.14, la tensione transiente  $u_r$  recupero attraverso l'interruttore avrà la stessa forma che di guasto del terminale, ma con un dente di sega sovrapposta oscillazione nella parte iniziale, subito dopo corrente pari a zero.

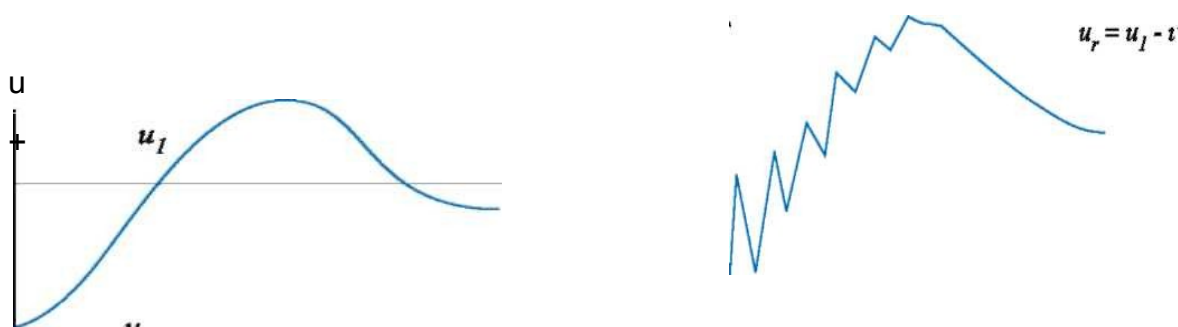


Figura 3.14 Il recupero di tensione transitoria per un breve faglia

### 3.4 Tensione iniziale di recupero transitorio (ITRV)

Uno stress TRV simile a quello che avviene ad una colpa breve-line si può verificare, a causa di le connessioni sbarre sul lato dell'offerta dell'interruttore. Questo stress è TRV denominato Transient iniziale recupero di tensione, o ITRV.

A causa delle distanze relativamente breve, del tempo per il primo picco sarà breve, in genere meno di 1 microsecondo. L'impedenza aumento della barra di distribuzione in una stazione è inferiore rispetto a quella osservata per le linee aeree. Sia IEEE e IEC applicare un valore di  $Z = 260 \Omega$  per aria sottostazioni isolate (AIS). Per sottostazioni GIS l'impedenza surge è più basso, e quindi il ITRV stress può essere trascurato.

La Figura 3.15 mostra l'origine dei vari contributi alla tensione di recupero totale per vizi e difetti del terminale di breve-line. Alla sorgente lato dell'interruttore del TRV è generato dalla rete di alimentazione, mentre la topologia della sottostazione, principalmente le sbarre, genera l'oscillazione ITRV. Per ogni errore commesso in lato carico dell'interruttore di circuito, sia ITRV TRV e sarà presente nella tensione di recupero. Per un guasto di breve-line, la tensione di recupero totale è costituito da tre componenti: la TRV (Di rete), il ITRV (sottostazione) e l'oscillazione di linea.

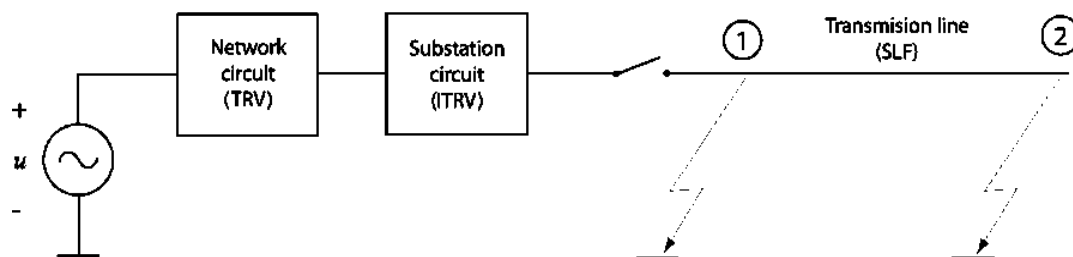


Figura 3.15 Schema semplificato che mostra l'origine delle ITRV e il TRV per colpa del terminale (1), e per breve linea di faglia (2)

### 3.5 Out-of-phase condizioni

Due casi in cui le condizioni fuori fase si possono verificare sono mostrati in Figura 3.16. Un caso si verifica quando un generatore è accidentalmente acceso alla rete in l'angolo di fase sbagliata (Figura 3.16A). L'altro caso si verifica quando le diverse parti di una rete di trasmissione perdono il sincronismo, per esempio a causa di un corto circuito da qualche parte

della rete (Figura 3.16b). In entrambi i casi, un out-of-fase attuale del flusso nelle reti e dovrà essere interrotta dal interruttore di circuito.

Figura 3.16A e 3.16b Out-of-phase condizioni

Considerando una sola fase, e assumendo effettivamente neutro a terra, entrambe le reti in Figura 3.16 può essere semplificata per il circuito mostrato nella Figura 3.17. Il reattanze  $X_1$  e  $X_2$  possono essere ottenute presso la potenza di corto circuito delle due parti della rete, uno su ogni lato dell'interruttore.

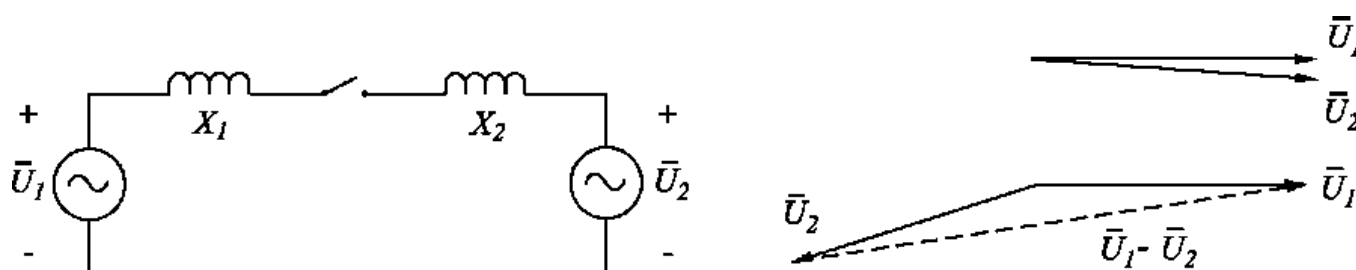


Figura 3.17 equivalente monofase Figura rete 3,18 orientamento dei vettori tensione  
 Durante il normale funzionamento, i due vettori di tensione  $U_1$  e  $U_2$  sarà pari a circa uguale in entrambi ampiezza e angolo di fase. Sotto la più grave fuori fase condizioni, i vettori di tensione possono essere separati di 180 gradi elettrici. Il corrispondente potenza massima frequenza di ripresa di tensione  $U_r$  sarà  $U_r = 2U$ , sotto l'ipotesi che  $U_1 = U_2 = U$ . In un caso corrispondente con i non-efficacia neutro a terra, il potere di frequenza tensione di recupero possono, nel peggiore dei casi, raggiungere il valore di  $U_r = 3U$ .

Sia IEC e IEEE specificare prove a  $2U$  per terra in modo efficace i sistemi di neutro, considerando che è stato considerato sufficiente per l'uso  $2.5U$  per i non efficace messa a terra sistemi di neutro. A causa della forte attenuazione causata da linee aeree, l'ampiezza fattore del TRV per out-of-phase switching è generalmente inferiore al fattore di ampiezza alla interruzione del guasto del terminale corrente. Un fattore di ampiezza  $1,25$  è specificato. Nel complesso il picco della TRV per la commutazione fuori fase è superiore a

che per l'interruzione della corrente di cortocircuito, e porta a grave stress dielettrico sulla interruttore di circuito.

La corrente in questo caso il passaggio è inferiore a quella osservata a interruzione di corrente di corto circuito nella rete, a causa della relativamente elevata impedenza del loop tra le due fonti di tensione (reattanza  $X1 + X2$ ). Entrambi gli standard IEC e IEEE specificare che gli interruttori sono sottoposti ad esame il 25% del nominale di corto circuito

interruzione della corrente. Valori superiori di corrente sono stati considerati altamente improbabile.

### 3.6 Commutazione di correnti capacitive

correnti capacitive si riscontrano nei seguenti casi:

- Il passaggio di linee elettriche aeree a vuoto
- Il passaggio di cavi a vuoto
- Commutazione di batterie di condensatori
- Il passaggio di banchi di filtri

Interruzione di correnti capacitive è in generale un compito facile per un interruttore, perché le correnti sono in genere piccole, magari a poche centinaia di ampere. Non vi è, tuttavia il rischio che si verifichino restrikes, che può portare a sovratensioni indesiderati nella rete.

Energizzante di carichi capacitivi può anche portare a sovratensioni o correnti elevate.

#### 3.6.1 diseccitazione di carichi capacitivi

Per un caso monofase, il circuito equivalente mostrato in Figura 3.19 può essere utilizzato per illustrare le condizioni in cui diseccitazione una batteria di condensatori. Figura 3.20 mostra le forme di tensione e corrente a interruzione.

C carico capacitivo (condensatori) ci lato tensione Source

Tensione ur tutta l'induttanza interruttore laterale Fonte  $L_s$

Tensione uc attraverso la capacità banco di condensatori lato origine  $C_s$



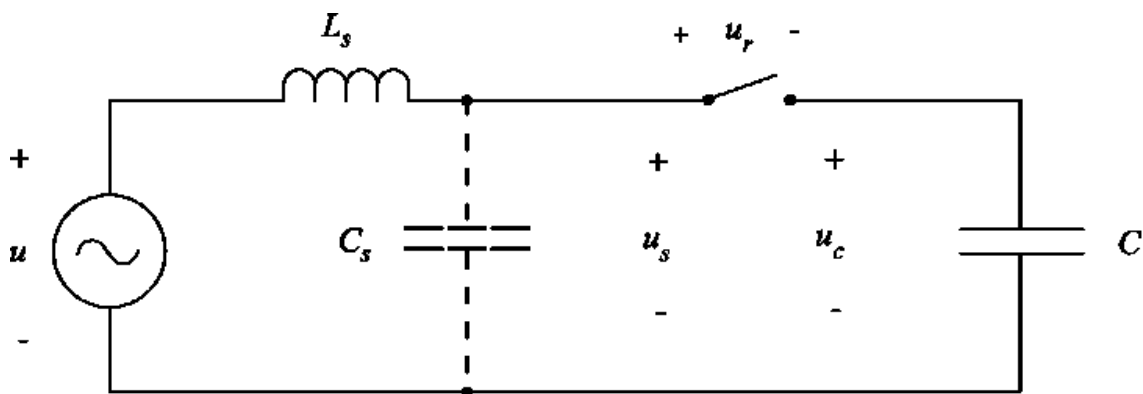


Figura 3.19 monofase circuito equivalente per interruzione di corrente capacitiva

Con il carico puramente capacitivo, la corrente sarà di 90 gradi elettrici leader rispetto alla tensione. Ciò significa che quando la corrente è interrotta in un corrente pari a zero, la tensione sarà al suo valore massimo. Dopo interruzione della corrente, la tensione di lato dell'offerta ci saranno più o meno inalterati. C'è solo un diminuzione minore ampiezza, associato alla scomparsa della capacitivo carico. La transizione verso il nuovo valore di ampiezza è associato a una lieve oscillazione,

la cui frequenza è determinata dalla  $L_s$  e  $C_s$ . Dal momento in cui il corrente viene interrotta, il condensatore  $C$  è isolata dal resto della rete. In una prospettiva di breve tempo, la UC tensione resterà quindi costante, al valore che aveva al corrente zero, cioè il valore di picco della tensione di alimentazione. (In un più lungo tempo prospettiva, il condensatore si scarica gradualmente. Ci sono generalmente built-in unità di scarico resistenze nel condensatore.)

Figura 3.20 di tensione e le forme attuali di interruzione di corrente capacitiva

L'iniziale bassa velocità di aumento della tensione di recupero, insieme alla bassa corrente di essere interrotto, rende estremamente facile per l'interruttore per interrompere. Anche se una zero di corrente si verifica dopo la separazione da vicino il contatto, l'interruttore interrompe.

La metà di un ciclo dopo corrente pari a zero, la tensione di recupero è salita a non meno di il doppio del valore di picco della tensione di alimentazione. L'interruttore non può quindi essere in grado di sopportare l'elevato valore di tensione di recupero attraverso un contatto ancora relativamente piccolo gap. In questo caso, ripartizione dielettrica avverrà tra i contatti, e corrente inizierà a scorrere di nuovo.

Figura 3.21 mostra di corrente e tensione delle forme d'onda nel caso in cui tensione guasto relativamente vicino al picco di tensione di recupero. Il carico laterale tensione sarà swing fino ad una tensione che idealmente (senza smorzamento) può raggiungere 3 volte il picco di tensione di alimentazione  $U_p$ . La frequenza di oscillazione della corrente e tensione dopo il crollo è determinata da  $L_s$  e  $C$  (supponendo  $C \gg C_S$ ). Il interruttore può facilmente interrompere la corrente di nuovo in una delle sue zeri in corso, con la conseguenza che la tensione ai capi del condensatore può raggiungere una nuova costante valore, forse maggiore di prima. Ulteriori disaggregazioni associati anche superiore sovratensioni attraverso il carico potrebbe quindi verificarsi. Se un interruttore di circuito non interrompere in qualsiasi di questi zeri corrente ad alta frequenza, sarà comunque interrompere alla frequenza di alimentazione di corrente prossimo allo zero.

Figura 3.21 Tensione e corrente d'onda forme nel caso di una riaccensione guasti di tensione durante l'interruzione di corrente capacitiva sono divisi in due categorie:

Reignitions: Ripartizione di tensione durante il primo quarto ciclo dopo un'interruzione di corrente.

Restrikes: composizione di tensione 1 / 4 di un ciclo o più in seguito ad interruzione di corrente.

Restrikes porterà a sovratensioni attraverso il carico capacitivo (massimo 3 unità di elaborazione per un riaccensione unico, dove 1 p.u. è il valore di picco della tensione fase-terra), mentre reignitions non produrrà eventuali sovratensioni (teoricamente max. 1 PU).

Un interruttore automatico correttamente progettato non deve produrre restrikes. Il fenomeno è statistico, tuttavia, e sia IEC e IEEE definire due diverse classi di interruttori:

Classe C1: interruttore con bassa probabilità di riaccensione durante interruzione della corrente capacitiva come dimostrato dalle prove di tipo specifico.

Classe C2: interruttore con probabilità molto bassa di riaccensione durante corrente capacitiva rottura come dimostrato dalle prove di tipo specifico.

Le prove di tipo per la categoria C1 sono effettuati su un interruttore di circuito con nuovi contatti, e con un numero di operazioni di rottura con capacitiva corrente a vari archi volte. Le prove di tipo corrispondente per la categoria C2 sono effettuati su un interruttore di circuito che è stato precedentemente invecchiato mediante operazioni di commutazione di corto circuito, e composto da un numero più alto di rompere le operazioni rispetto per la categoria C1.

### 3.6.2 Recupero di tensione

In un circuito trifase, la tensione di recupero avrà una forma più complicata che in una situazione corrispondente monofase. Sarà più grave nella firstpole-a-chiaro, e nella maggior parte dei casi, essere superiore nel caso monofase.

Figura 3.22 mostra come esempio la tensione di recupero del primo polo a chiare quando diseccitazione una batteria di condensatori con neutro isolato. Il recupero di tensione inizialmente ha una forma che porterebbe ad un valore di picco pari a tre volte l'offerta tensione di picco (linea tratteggiata). Quando le ultime due poli interrompere quarto ciclo (elettrico 90

gradi) dopo la prima, non vi è, però, una discontinuità nella pendenza, e la finale valore di picco per la prima pole-to-chiaro è limitato a 2,5 volte il picco di tensione di alimentazione.

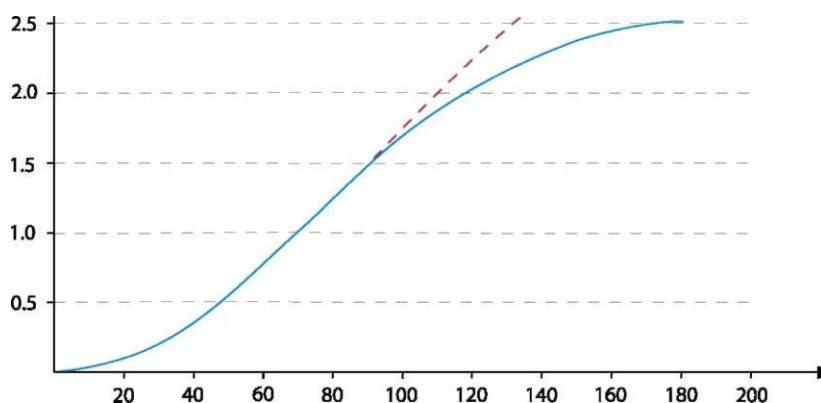


Figura 3.22 tensione di recupero nel primo polo a chiare a interruzione del banco di condensatori con neutro isolato.

Le norme IEC e IEEE specificare i fattori di tensione capacitivi per diversi tipi di carico capacitivo. Il fattore di tensione capacitivo viene utilizzato per il calcolo del relativo tensione di prova in un circuito di prova monofase destinato a simulare le condizioni della prima pole-to-chiaro di una rete trifase.

I valori standard per i fattori di tensione capacitivi,  $k_c$ , per normali condizioni di servizio sono i seguenti:

A vuoto linea di commutazione

$k_c = 1.2$  Effettivamente neutro a terra

$k_c = 1.4$  non efficacemente neutro a terra

A vuoto cavo di commutazione

$k_c = 1.0$  cavi schermati solidamente in sistemi con neutro a terra

$k_c = 1.2$  cavi Belted in sistemi con neutro a terra in modo efficace

$k_c = 1.4$  Nei sistemi con non efficacemente neutro a terra

Condensatori di commutazione

$k_c = 1.0$  banco di condensatori con neutro a terra in sistemi con neutro a terra solidamente

$k_c = 1.4$  Condensatore bancario con neutro isolato

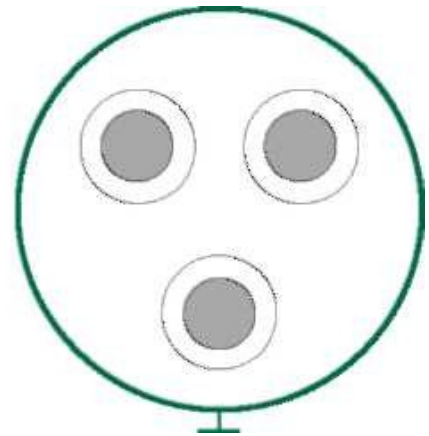
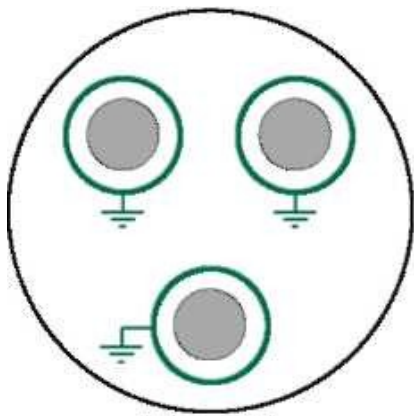


Figura 3.23a cavo schermato Figura 3.23b Belted cavo

### 3.6.3 Energizzante di batterie di condensatori

Energizzante di carichi capacitivi è di solito associato a transitori di tensione e correnti. Questa sezione descrive i fenomeni associati alla energizzante di condensatore banche.

Dato il crescente utilizzo di batterie di condensatori per il risarcimento, è comune che più di un banco di condensatori è connesso alla sbarra stessa. Questo ha alcuna influenza sulle condizioni di interruzione. La corrente alla chiusura, però, è colpiti di alto livello. Con uno o più batterie di condensatori già collegato, vi sarà una corrente di spunto quando si chiude un interruttore per collegare un ulteriore banca (la cosiddetta commutazione di back-to-back). Questa corrente di spunto può avere una molto elevata ampiezza e frequenza, e che a volte devono essere limitato in modo da non danno l'interruttore automatico, batterie di condensatori e / o dalla rete.

L'equivalente monofase di un circuito in cui due batterie di condensatori sono collegati a una sbarra è mostrata in Figura 3.24. Le induttanze  $L1$  e  $L2$  rappresentano il randagio induttanza (o induttanze parassite più altri induttanza smorzamento). L'induttanza  $L_s$  della rete di fornitura saranno parecchi ordini di grandezza superiori a  $L1$  e  $L2$ .

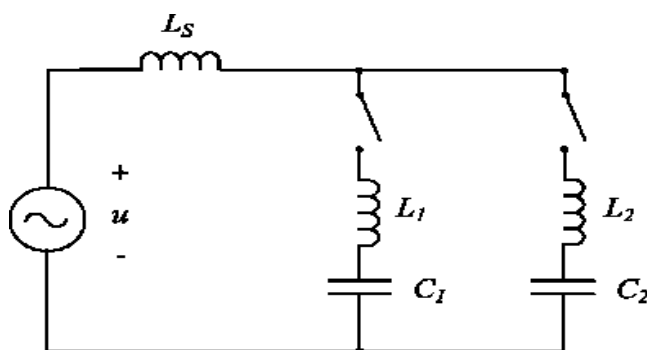


Figura 3.24 batterie di condensatori in parallelo

Il caso di una sola banca energizzanti condensatore è uguale a eccitazione quando C1 C2 non è collegato nel circuito descritto nella Figura 3.24. Il circuito è composto quindi di  $L_S$  fonte induttanza in serie con il banco di condensatori C1. L'induttanza  $L_1$  può essere trascurato, in quanto  $L_S \gg L_1$ . In questo caso, il picco della corrente di spunto  $I_{peak}$  e spunto  $f_i$  frequenza attuali sono limitati dal impedenza  $L_S$  la fonte.

Supponendo che banca C1 è da collegare alla sbarra e C2 banca non è collegato, si applicano le seguenti equazioni. Il più alto picco di corrente di spunto è ottenuta quando alimentare il banco di condensatori al culmine della tensione di alimentazione: e con  $L_S \gg L_1$ , la frequenza della corrente di spunto, è il seguente:

Se C1 banca è collegato alla sbarra e C2 banca è quello di essere connesso, la spunto corrente associata alla riscossione di C2 banca viene fornita dalla banca C1 (back-to-back switching). Il picco e frequenza della corrente di spunto sono ora limitata da  $L_1$  e  $L_2$ : con e

La frequenza della corrente di spunto di oggi è:

Le stesse equazioni può essere applicata in un caso a tre fasi. La tensione è poi  $\hat{u}$  il valore di picco della tensione fase-terra.

ampiezze tipiche delle correnti di spunto per il back-to-back energizzante del condensatore le banche sono kA diversi, con frequenze di 2-5 kHz. Condensatore banche possono normalmente ampiezze resistere fino a 100 volte la loro corrente termica nominale. Per circuito interruttori, IEC suggerisce 20 kA di picco al 4,25 kHz come resistere standard di capacità.

commutazione controllata è un attraente e ben collaudata possibilità di limitare il spunto ampiezza della corrente e le relative sollecitazioni sulle macchine. Vedi ABB controllata Commutazione, compratore e guida di applicazione 1HSM 9543 22-01en. Inoltre, il ampiezza della corrente di spunto e la frequenza può essere ridotta mediante inserimento di ulteriori induttanza serie nel circuito.

### 3.7 COMMUTAZIONE DI CARICO INDUTTIVO

commutazione di carico induttivo si verificherà nei seguenti casi:

- Interruzione dei reattori shunt
- Interruzione dei trasformatori di scarico

Le correnti possano essere interrotti sono bassi rispetto alla corrente di cortocircuito, e variare da pochi Ampere a qualche centinaia di ampere. Pertanto, essi sono spesso denominati "piccole correnti induttive." Dopo l'apertura dell'interruttore di circuito, il i flussi di corrente attraverso l'arco tra i contatti. Questo arco è stabile a correnti elevate, ma diventa instabile a basse correnti nell'ordine di 5 - 10 A, e di solito è costretto ad un prematuro zero corrente. Questo fenomeno di interruzione di corrente prima per lo zero naturale corrente è solitamente indicato come corrente di taglio. Il risultante tritare sovratensioni e sovratensioni in particolare a causa di reignitions successivi, può essere una preoccupazione. Controllata di commutazione dell'interruttore è un modo efficiente di eliminare le sovratensioni riaccensione.

### 3.7.1 Commutazione di reattori shunt

Il caso più chiara la commutazione di carico induttivo è l'interruzione di un reattore corrente. Il reattore può essere collegato direttamente alla rete (reattore shunt) o attraverso un trasformatore (ad esempio collegato ad un avvolgimento terziario). In entrambi i casi il carico è costituito da una induttanza di circa lineare.

Uno shunt a tre fasi di configurazione del reattore può variare notevolmente. Il seguente esistono configurazioni:

- Un banco di monofase reattori
- Un'unità trifase con un nucleo di tre zampe
- Un'unità trifase con un nucleo di 5 zampe
- Un'unità trifase del tipo di shell

Le condizioni possono variare anche di messa a terra:

- Solidamente neutro a terra
- Messa a terra tramite un reattore neutrale
- Neutro isolato

#### 3.7.1.1 spezzettamento corrente e sovratensioni risultanti

A causa della varietà dei casi, il trattamento di interruzione del reattore attuale è complessa. Per questo motivo, il circuito relativamente semplice monofase mostrato nella Figura 3.25 rappresenta solo uno di questi casi. Questo caso è applicabile per i reattori shunt direttamente con messa a terra neutro e trascurabile interazione tra le fasi.

LS Sorgente di induttanza induttanza  $L_b$  collegamento in serie

Cs Source lato capacità di capacità di carico laterale CL

Cp Parallel L induttanza capacità Reactor

Figura 3.25 monofase circuito equivalente per il reattore di derivazione di commutazione  
 Supponendo che la corrente è tritata in un valore  $I_{ch}$  istantanea, vi è un magnetico  $W_m$  energia immagazzinata nella induttanza di carico al momento della interruzione:  
 Con  $C_S \gg C_p$ , che normalmente è il caso, la capacità totale sul lato reattore del circuito interruttore  $C_t$  è di circa  $L$  La tensione ai capi del reattore al momento della interruzione è approssimativamente uguale .

Fino al picco della tensione lato origine fase-terra, ed è determinato dal sistema di tensione  $U$  (assunto pari alla tensione nominale del reattore):

Pertanto, la capacità  $C_t$  saranno a carico di energia:

Dopo l'interruzione, l'energia immagazzinata nella induttanza e capacità oscilla indietro e indietro tra l'induttanza e capacità. Dopo qualche tempo l'energia diminuisce a causa delle perdite nel circuito. Quando tutta l'energia,  $W_c$ , viene memorizzato in la capacità, la tensione ai capi del reattore raggiungerà il suo massimo valore  $U_m$ . Questo valore è chiamato il picco di sovratensione di soppressione:

$$W_c = W_0 + W_m \Rightarrow \frac{1}{2} C_t U_p^2 + \frac{1}{2} L I_{ch}^2 \Rightarrow U_m = \sqrt{U_p^2 + \frac{L I_{ch}^2}{C_t}}$$

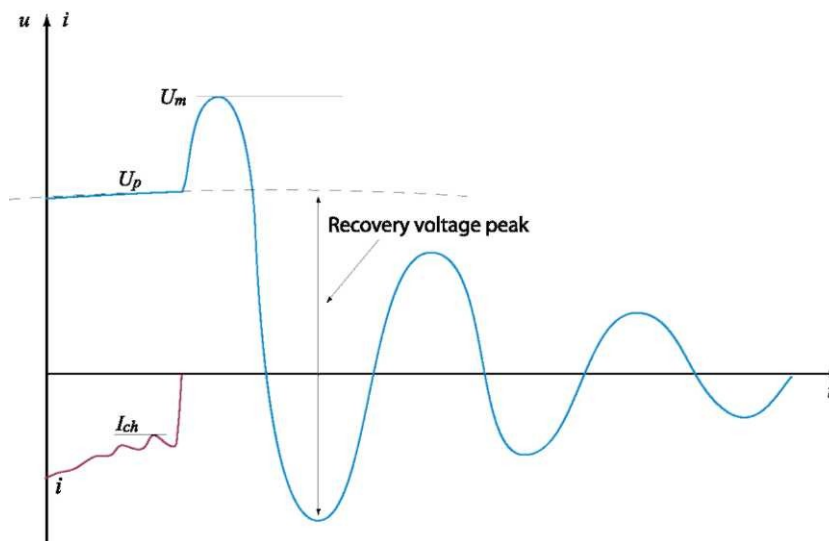


Figura 3.26 tensione attraverso il reattore di interruzione

La frequenza di oscillazione è dell'ordine di circa 1-5 kHz a tensioni elevate ed è determinata dalla frequenza naturale del circuito di carico reattore, cioè il reattore se stessa e tutte le apparecchiature collegate tra l'interruttore e il reattore.

E 'conveniente esprimere la soppressione di picco di sovratensione  $U_m$  come sovratensione Fattore ka:

La sovratensione non dipende solo dal tipo di interruttore, ma anche sul totale capacità  $C_b$  in parallelo con l'interruttore di circuito. Si può dimostrare che, per getto d'aria, olio e interruttori SF6, la corrente di taglio è dato dalla relazione

dove  $\lambda$  è chiamato tagliare numero. La capacità  $C_b$  è la capacità di vedere da terminali l'interruttore di circuito. Si è approssimativamente uguale a condizione che  $C_s$   $C_t$

>> CL, che normalmente è il caso.

Il numero  $\lambda$  tritare, è una caratteristica del interruttore automatico e si può presumere ad essere una costante per i diversi tipi di interruttori automatici, fatta eccezione per il vuoto

Interruttori. Intervalli di numeri tipico tagliare sono riportati nella tabella 3.1.

Interruttore tipi Tagliare numero ( $\lambda$ )

(AF0.5)

Minimo olio 70-10 x 104

Atomizzatori 15-25 x 104

SF6 17/04 x 104

Tabella 3.1 Disgiuntore tagliare numeri

Il numero  $\lambda$  tagliare vale per interruttori con un interruttore unico per polo.

Per interruttori con interruttori N per polo, si applica la seguente espressione:

Il fattore di sovratensione dipende dal numero tagliare e sulla classificazione delle reattore in parallelo. Con un rating reattiva Q trifase di potenza e frequenza angolare  $\omega = 2\pi f$ , l'induttanza per fase del reattore sarà

Come risultato, il  $K_a$  fattore di sovratensione può essere scritta

### 3.7.1.2 REIGNIZIONI

Dopo l'interruzione, l'interruttore è sottolineato dalla differenza tra l'offerta lato di tensione (che è vicino alla cresta della tensione frequenza di alimentazione) e il carico laterale oscillante tensione. Un primo picco della tensione di recupero si verifica allo stesso tempo come il picco di sovratensione soppressione della tensione ai capi del reattore. Un secondo picco più alto delle tensioni di recupero si verifica un ciclo di oscillazione mezzo più tardi. Vedere Figura 3.26. Al secondo picco di tensione di recupero, l'interruttore è sottolineato da una tensione che può rivolgersi al sovratensione repressione più il picco del

lato sorgente di tensione. Se l'interruttore non riaccendere prima o a questo punto, quindi l'interruzione è riuscito. Se, tuttavia, l'istante del distacco è tale contatto che il divario di contatto non dispone ancora di sufficiente rigidità dielettrica, poi una riaccensione si verificherà. Una riaccensione genererà transienti ad alta frequenza, tipicamente centinaia di kHz, sia nella tensione del reattore e la corrente attraverso l'interruttore.



Tutti gli interruttori saranno rinfocolare quando l'interruzione avviene con un piccolo contatto distanza, vale a dire dopo un arco di tempo breve. La gamma di arco tempi in cui ciò si verifica possono essere stretti o larghi, a seconda della velocità di aumento della capacità di resistere a tensione dell'interruttore (che dipende dal mezzo interrompere, la velocità di contatto,

Il design dell'elettrodo, ecc.) Se la corrente ad alta frequenza tramite l'interruttore risultanti da una riaccensione viene interrotto di nuovo, una tensione nuova ripresa inizia a costruire, che può portare a reignitions ulteriormente e gradualmente aumentando sovratensioni. Tale caso, con tre reignitions consecutivi, è illustrata nella figura 3.27.

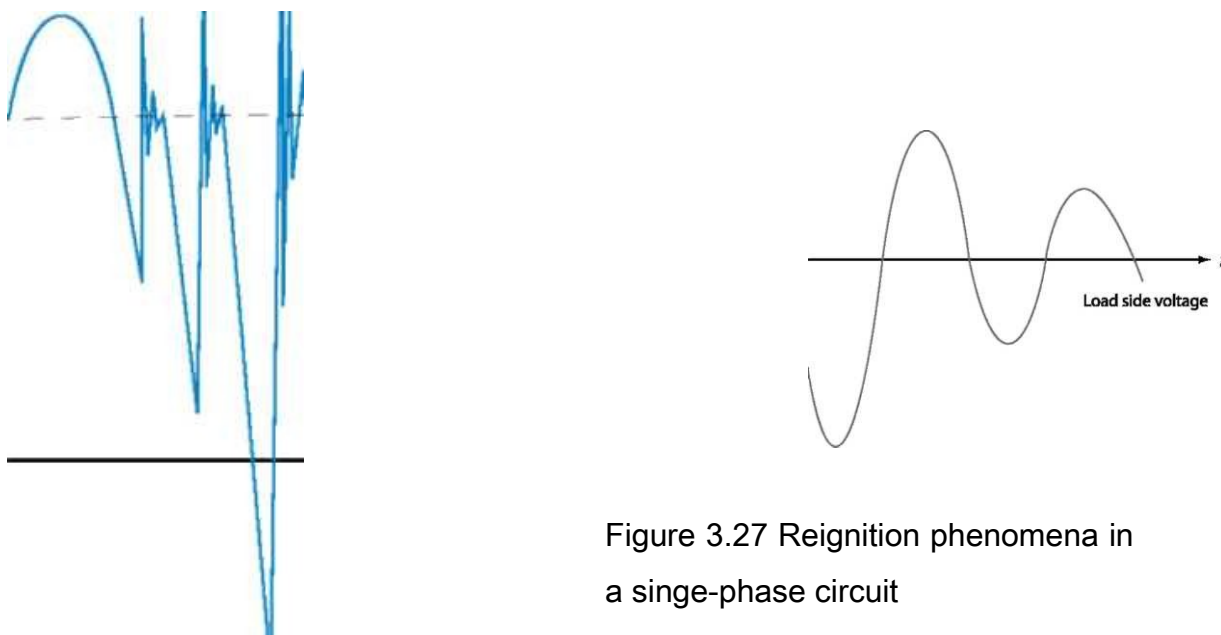


Figure 3.27 Reignition phenomena in a single-phase circuit

Figura 3.27 fenomeni di riaccensione in un circuito singe-fase

### 3.7.1.3 Sovratensioni e limitazione di sovratensione

Lo stress sul reattore a causa di corrente di taglio è determinato dal più alto picco di tensione a terra, che è normalmente il picco di sovratensione di soppressione. Dovuto alla frequenza relativamente bassa, la sovratensione è uniformemente distribuito su l'avvolgimento, che si traduce in bassa tensione interturn nel reattore di liquidazione. Nella maggior parte dei casi queste sovratensioni tagliere sono relativamente bassi, e quindi accettabile.

Un'eccezione può essere casi con piccoli reattori (basso rating Mvar).

Quando una riaccensione si verifica, la tensione di carico lato tende rapidamente verso la sorgente parte tensione, ma superamento e produce una sovratensione riaccensione. Figura 3.28 mostra le sovratensioni massima raggiungibile senza smorzamento di riaccensione al recupero tensione di picco. Nei casi pratici ci sarà sempre smorzamento delle oscillazioni, consentono di ridurre le sovratensioni massima. La ripartizione di tensione in una riaccensione crea una tensione ripido transitoria che si applica sul reattore. Il tempo di fronte varia da meno di 1 microsecondo per microsecondo diversi. Dal momento che la ripartizione in tensione l'interruttore è praticamente istantaneo, la pendenza è determinata unicamente dalla frequenza del secondo circuito di oscillazione parallelo (circuito costituito

da CL, CS e Lb in Figura 3.25), che a sua volta dipende dal layout del circuito. Questo può essere transitorio ripido e mal distribuito sul reattore di liquidazione, sottolineando l'ingresso si trasforma in particolare con interturn alto sovratensioni.

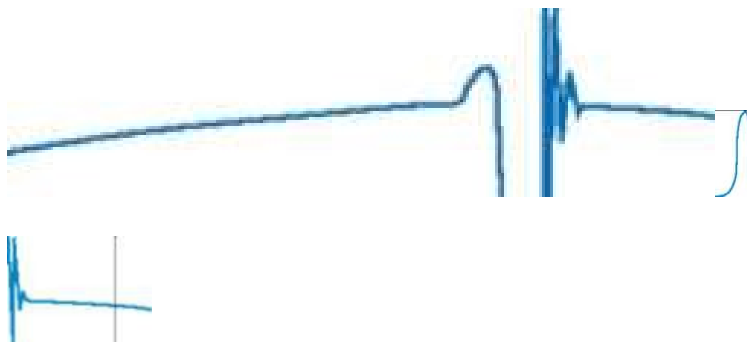


Figura 3.28 sovratensioni riaccensione nei casi con trascurabile taglio di corrente (a), e con corrente ad alta tagliere (b).

Reattori in parallelo sono normalmente protetti da scaricatori di sovratensione. Questi scaricatori limiterà sovratensioni a terra a livelli accettabili, ma non possono ridurre la pendenza del oscillazioni di tensione associati a reignitions.

Reignitions degli interruttori moderni possono essere eliminate con apertura controllata dell'interruttore. Il dispositivo di controllo che permette di point-in-onda per far sì che arco brevi tempi non si verifichino, evitando così reignitions.

### 3.7.2 Commutazione di trasformatori a vuoto

L'interruzione di una corrente a vuoto di un trasformatore significa anche l'interruzione di basse correnti induttive. Di solito è considerato come un caso di commutazione facile e ha poca tendenza a causare problemi sovratensione. Il livello attuale è molto basso, generalmente inferiore a 10 A. L'oscillazione di tensione attraverso il trasformatore dopo interruzione è fortemente smorzato, e normalmente ha una frequenza naturale di non più di qualche centinaio di hertz.

## 4. SOLLECITAZIONI MECCANICHE ED AMBIENTALI DEGLI EFFETTI

Il corretto funzionamento di un interruttore automatico dipende dalla sua proprietà meccaniche.

Da proprietà meccaniche, si intende la capacità del interruttore di resistere sollecitazioni meccaniche esterne ed interne. L'interruttore deve anche funzioneranno correttamente in una varietà di condizioni ambientali. Un altro importante problema meccanico è l'interruttore di circuito forze operative che agiscono sulla fondazione durante il funzionamento.

## 4.1 Meccanica dei carichi

Un certo numero di carichi meccanici agiscono sul disgiuntore: carichi statici (morti di peso, carico terminale, ghiaccio), le forze causate da un uso, corrente di commutazione e le forze da condizioni ambientali dure come il vento e terremoti. Alcuni di questi carichi di agire insieme (ad esempio, terminali di carico e di peso morto), mentre altri carichi sono più rare in loro presenza (ad esempio i carichi terremoto).

### 4.1.1 carichi statici

#### 4.1.1.1 Peso proprio

Il peso morto dell'interruttore di circuito e la sua struttura agisce come un carico sulla fondazione.

Questi fattori devono essere sempre presi in considerazione durante la preparazione di il sito di installazione e nel dimensionamento delle fondazioni.

#### 4.1.1.2 Carico statico terminale

carichi statici sono terminale sollecitazioni da strati di ghiaccio, vento e conduttori collegati.

Questi carichi causare un momento flettente che sottolinea il sostegno interruttore isolante, la struttura e il fondamento. Anche se il vento può variare in modo dinamico, IEC specifica che si deve prendere in considerazione come un carico statico.

Alcuni esempi di forze a causa di conduttori flessibili e tubolari (escluso vento, carichi di ghiaccio o di carichi dinamici sulle interruttore) sono indicati come guida in IEC 62271-100, 6.101.6, si veda la tabella 4.1.

Nominale

campo di tensione

Ur

kV

Nominale

attuale gamma

Ir

A

Statica orizzontale Fth forza forza statica verticale

(Asse verticale verso l'alto-

e verso il basso)

FTV

N

Longitudinale

FthA

N

Trasversale

FthB

N

52-72,5 800-1.250 500 400 500

52-72,5 1600-2500 750 500 750

100-170 1.250-2.000 1000 750 750

100-170 2.500-4.000 1250 750 1000

245-362 1.600-4.000 1.250 1.000 1.250

Tabella 4.1 forze dovute conduttori flessibili e tubolari

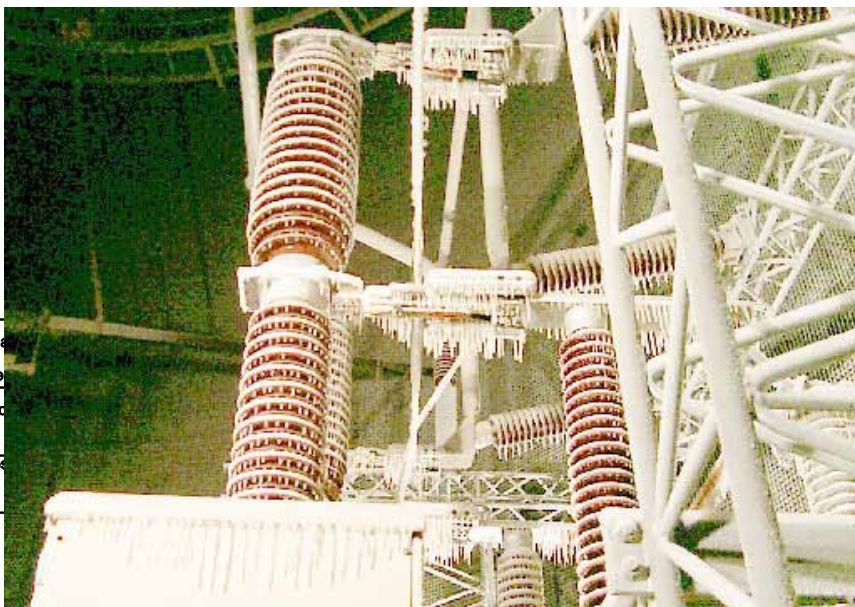
FshA, FshB, FSV nominale del terminale di carico statico (forze risultante)

RatedStatic horizontal force $F_{th}$	Static vertical force	voltage range	current range
(vertical axis-upward downward)	Longitudinal Transversal	and	
Ur	$I_{th}^F$	$A_{th}^F$	$B_{th}^F$
52 - 72.5	800 - 1250	500 - 400	50 - 52
1600 - 2500	750 - 100	170 - 1250	2000 - 1000
750 - 100	170 - 2500	4000 - 1250	750 - 1000
245 - 362	1600 - 4000	1250 - 1000	1250 - 420
800 - 2000	4000 - 1750	1250 - 1500	

For the directions of FthA.B and Ftv see Figure 4.1 Table 4.1 Forces due to flexible and tubular conductors

\* La forza orizzontale sulla interruttore, a causa del vento, possono essere spostati dal centro di pressione al terminale e ridotto in ampiezza in proporzione al più lungo braccio di leva. (Il momento di flessione nella parte più bassa del circuito

Forces due to dead weight
Forces due to wind
Forces due to ice
Forces due to short circuit
Forces due to seismic



interruttore  
dovrebbe essere lo  
stesso.)

Tabella 4.2

terminale carichi statici

#### 4.1.1.3 Ice carico

Quando gli apparecchi ad alta tensione sono sottoposti a climi freddi, il ghiaccio a volte accumularsi in strati sulle superfici. Quando l'apparecchio è quotato, il valore aggiunto carichi dovuti al ghiaccio devono essere prese in considerazione.

Esempio:

Uno strato di 20 mm di ghiaccio su un interruttore di circuito di 245 kV aggiunge circa 150 kg al massa di ciascuna fase.

IEC 62271-1 specifica che rivestimento di ghiaccio è considerato nella gamma da 1 mm a, ma non superiore ad 20 mm; spesso un rivestimento di ghiaccio di 1, 10 o 20 mm è specificato.

Se esposto a carico di ghiaccio, dovrebbe essere possibile azionare l'interruttore senza compromettere la sua funzione. In genere gli interruttori hanno parti in movimento protette da questi strati di ghiaccio e non hanno alcun problema di funzionamento in queste condizioni.

Soluzioni moderne integrate come estraibili o scollegare interruttori con carrelli in movimento o sezionatori di terra, che hanno esposto i sistemi meccanici, devono essere dimensionati per funzionare senza disturbi anche quando il meccanico accendi sono rivestimenti di ghiaccio.

Figura 4.2 Prova di tipo di un interruttore estraibile

#### 4.1.1.4 carico del vento

Interruttori esterni sono esposti al carico del vento, che si tradurrà in un momento flettente su pali interruttore del circuito e le cornici. IEC 62271-1 specifica un massimo velocità del vento di 34 m / s come la condizione normale servizio.

Esempio:

Per un interruttore di circuito di 245 kV, il carico del vento risultante (34 m / s) sottolineeranno il più basso parte della struttura di sostegno e di fondazione con un momento di flessione di 9.100 Nm.

Il vento influirà anche i conduttori, che genera ulteriore momento flettente

di circa 650 nm.

dove:

$F_w$	Force on a surface due to wind	N
$A$	Projected surface area exposed to wind	m <sup>2</sup>
$\rho$	Air density	kg/m <sup>3</sup>
$v$	Wind speed	m/s
$C_w$	Wind resistance coefficient Approximate values used by ABB HVP: 1.0 for cylindrical surfaces 2.0 for plane surfaces where:	

Tabella 4.3 Fattori per il calcolo del carico di vento

#### 4.1.2 carichi dinamici

##### 4.1.2.1 Carichi dinamici dovuti al funzionamento

Quando un interruttore sta svolgendo le operazioni di chiusura e apertura, la reazione forze saranno generati. Queste forze sono di solito di impatto e di natura e vibrative agire sulle fondamenta. La fondazione, così come i bulloni di ancoraggio e il circuito

telaio interruttore, deve essere progettato per resistere a questi carichi.

Le forze variano a seconda delle dimensioni del circuito, e il tipo e l'energia della meccanismo di funzionamento. I valori dichiarati dal costruttore sono utilizzate per fini dimensionamento. A titolo indicativo, valori tipici sono riportati nella tabella 4.4.

KV di tensione nominale di Forza orizzontale verticale kN forza kN

123-170 01-15 OTTOBRE - 75

245-300 5-20 25-75

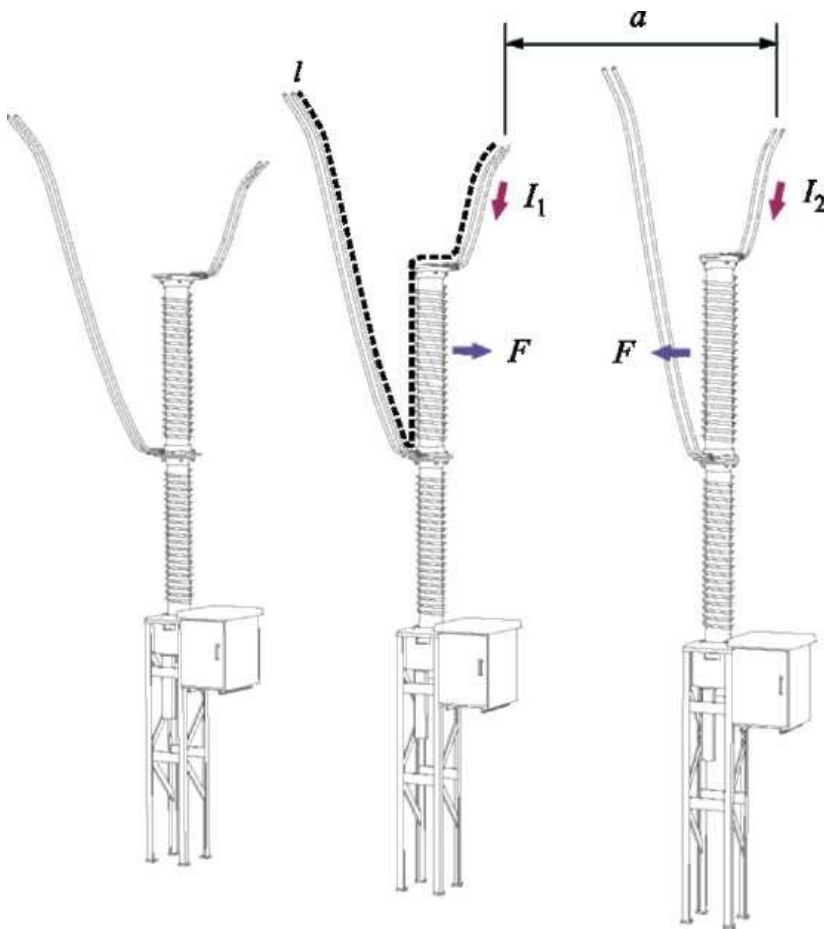
362-550 10-30 50-120

Tabella 4.4 Valori tipici delle forze di funzionamento per polo delibera sulla fondazione

#### 4.1.2.2 Carichi dinamici corrente

Parallel conduttori alimentati in grado di esercitare forze su ogni altro a causa della interazione del campo magnetico (vedi Figura 4.3). Questo è anche il caso del circuito interruttore pali. Le direzioni delle forze dipendono le direzioni del correnti. La stessa direzione dei rendimenti correnti di forze di repulsione; direzioni opposte

cederà attrarre forze.



#### Figura 4.3 Forze tra due poli del circuito dell'interruttore

La forza massima in un trifase atti di corto circuito sul conduttore centrale.

Non solo l'azione tra i poli dell'interruttore del circuito da considerare, ma anche le forze tra le connessioni ai terminali ad alta tensione.

Questa è una situazione dinamica, il picco di cortocircuito non possono agire sulla stessa tempo, e l'entità della corrente è diversa nelle tre fasi. Un ruvido

stima della forza è dato da:

dove:

$I_{k3}$  trifase corrente iniziale di cortocircuito, KA

K 4,0

$L_i$  Lunghezza interruttore m

$L_c$  parte del conduttore collegato ai terminali principali del m interruttore

LSC lunghezza totale, interruttore e conduttori collegati m

LPH Distanza tra le fasi m

$F_{sc}$  forze elettromagnetiche sulle apparecchiature per N

Esempio:

Forze a tre fasi di corrente di corto circuito di un interruttore di circuito 245 kV:

- Lunghezza di interruttore,  $L_i$  2,0 m

- Lunghezza del conduttore superiore, LC1 1,5 m

- Lunghezza del conduttore più basso, LC2 1,5 m

-  $L_{sc} = L_i + LC1 + LC2 = 5,0$  m

- Distanza tra le fasi,  $l / h$  3,5 m

- Guasto iniziale corrente trifase,  $I_{k3}$  50 kA

Inserito nell'equazione, la forza risultante  $F_{sc}$  sarà di 2, 857 N.

#### 4.1.3 carico sismico

Gli utenti in regioni che spesso incontrano i terremoti di solito specificare che tutte le attrezzature installate nella rete deve essere in grado di operare sotto, e sopravvivere alla effetti delle condizioni terremoto.

Normalmente il produttore usa i dati forniti dall'utente per decidere se il apparecchiature in grado di soddisfare i requisiti, o se tutte le precauzioni per aumentare la resistenza dei disegni dovrebbero essere prese.

Al fine di fornire la versione corretta di interruttori per l'installazione in terremoto le aree, le seguenti informazioni dovrebbero essere disponibili da parte del cliente:

- Accelerazione massima dal suolo orizzontale e verticale nel sito di installazione, oppure informazioni in materia di intensità sismica, secondo una certa terremoto scala, come la magnitudine Richter.

- Sismica spettro di risposta o alle norme sismiche.

- Massa condizioni.

Figura 4.4 confronto approssimativo di terremoto varie scale e corrispondente accelerazione orizzontale a terra

0 I II III

I II III IV V VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII

I II III IV V VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII

I II III IV V VI VII

I II III IV V VI VII



Le norme più frequentemente applicati sono 61.166 IEC e IEEE 693-2.005.

La norma IEC 61.166 è stato recentemente sostituito da IEC 62.271-300, ma è ancora di cui molte specifiche. Per il Sud America, la specifica ENDESA ETG1.020 è anche importante.

Al fine di verificare se risponde ad alcuni requisiti sismici, i metodi per prove o analisi della loro combinazione può essere applicata.

Le prove possono essere eseguite su una tavola vibrante in cui l'accelerazione sismica e lo spostamento sono simulati secondo il metodo della storia del tempo. In passato diversi metodi di prova sono state specificate altre, come onda sinusoidale e sinusoidale battere.

test storia Time, secondo IEC 60068-2-57, è l'unico tavolo agitare pertinente metodo di prova, in quanto è l'applicazione di un accelerogramma reale registrati (tempo della storia segnale) o di un accelerogramma artificiale calcolato che soddisfi le specificata spettri di risposta. Il test storia tempo ritiene parametri sconosciuti come naturale frequenze, smorzamento e non linearità del disegno in modo accurato.

Al fine di eseguire un calcolo corretto, è necessario conoscere la frequenza naturale di oscillazione del interruttore e lo smorzamento delle oscillazioni. Questo può essere facilmente ottenuto con un test di snap-back. Durante questa prova, il carico viene applicato (ad esempio applicando una forza di trazione sul terminale), il carico viene improvvisamente rilasciato e l'interruttore è lasciato oscillare liberamente. Applicando estensimetri, una curva, come mostrato in Figura 4.5 può essere registrata.

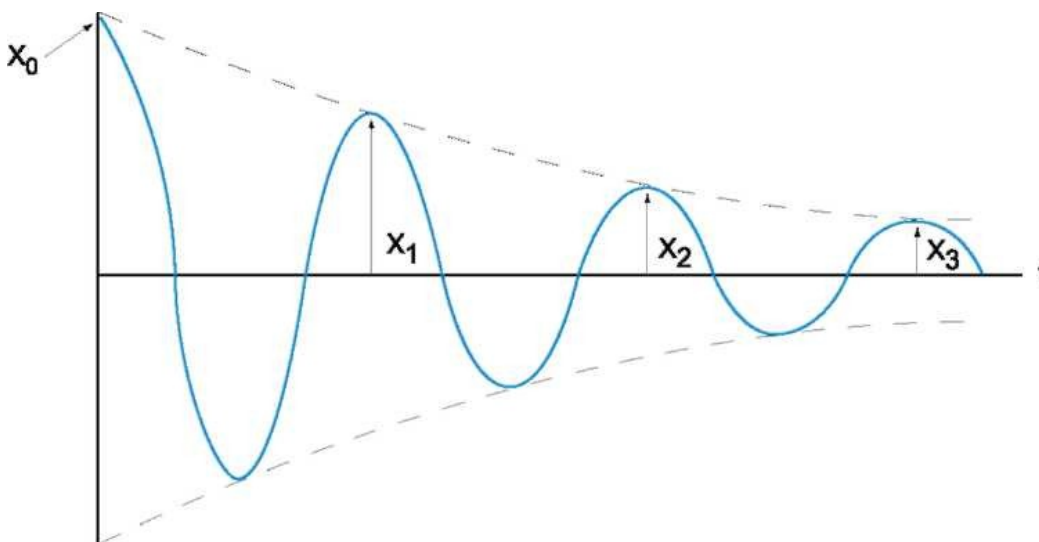


Figura 4.5 curva di risposta di un test di snap-back

I calcoli possono essere effettuate combinando i valori per massa, dimensioni, frequenza di risonanza e dello smorzamento delle interruttore con gli spettri di risposta. I risultati di FEM (Finite Element Method) i calcoli con ingresso da un SnapBack test hanno mostrato forte accordo con i risultati di prove di agitazione tavola, e sono una buona alternativa ed economicamente efficiente di queste prove.

#### 4.1.3.1 Misure per aumentare i livelli di resistenza sismica

Se le prove o calcoli mostrano che i carichi sismici sono troppo elevati per il circuito selezionato interruttore, il disegno può essere rafforzata. Rinforzi di sostegno isolante e / o la struttura meccanica sono le comuni misure di adottate per aumentare la forza e il margine nei confronti sisma carichi.

In alternativa per gli interruttori di grandi dimensioni, terremoti ammortizzatori possono essere utilizzati. Le serrande sono montate tra la fondazione e la posizione di ciascun polo. Il smorzamento naturale di un interruttore automatico normalmente è di circa il 2%.

Con l'applicazione di ammortizzatori, uno smorzamento del 20% può essere raggiunto.

Generalmente vivono interruttori carro armato può resistere a terra accelerazioni fino a 0,2-0,3 g nelle configurazioni standard.

Per soddisfare esigenze di 0,3-0,5 g, rinforzi o ammortizzatori devono essere utilizzate.

#### 4.2 Combinazione dei carichi

I carichi precedentemente citate, come il vento, statici, dinamici e carichi di ghiaccio, di solito agire insieme nello stesso momento. Naturalmente, non è realistico per avere richieste

le attrezzature per resistere a livelli elevati di tutti i tipi di carichi al tempo stesso. Si tratta di altamente improbabile che un interruttore di circuito sarebbe esposta a livelli di vento forte, estremo carichi di ghiaccio e un carico completo di corto circuito, e al tempo stesso devono resistere alle sottolinea da un terremoto.

Le seguenti fonti in Tabella 4.5 deve essere utilizzato per determinare i carichi descritti nella tabella 4.6:

<b>Design pressure</b>	Stated by the manufacturer
<b>Mass</b>	Stated by the manufacturer
<b>Terminal loads</b>	6.101.6.1 of IEC 62271-100
<b>Wind loads</b>	6.101.6.1 of IEC 62271-100, 2.1.2 and 2.2.5 of IEC 62271-1
<b>Ice loads</b>	6.101.6.1 of IEC 62271-100 and 2.1.2 of IEC 62271-1
<b>Short-circuit load</b>	Depending on short-circuit current, see also IEC 60865-2
<b>Seismic loads</b>	IEC 62271-300

Tabella 4.5 carichi meccanici e gli standard in cui vengono specificati i carichi. Per interruttori con isolatori in ceramica, IEC 62.155 fattori di sicurezza degli Stati e dà una raccomandazione di come coniugare questi carichi (vedi Tabella 4.6). Per circuito interruttori dotati di isolatori compositi, i carichi sono derivati e combinati secondo quanto riportato nelle tabelle 4.5 e 4.6. IEC 61.462 specifica a quale livello il composito materiale può essere caricato.

Loads	Stress from routinely  expected loads	Stress from rarely occurring extreme loads		
		Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3
		Short-circuit load	Ice load	Seismic load
Design pressure	100%	100%	100%	100%
Mass	100%	100%	100%	100%
Rated terminal load	100%	50%	0%	70%
Wind pressure	30%	100%	0%	10%
Short-circuit load	0%	100%	0%	0%
Ice load	0%	0%	100%	0%
Seismic load	0%	0%	0%	100%
Safety factor	2.1	1.2	1.2	1.0

Tabella 4.6 Combinazione di carichi diversi

### 4.3 Influenza di temperature ambientali estreme

Per interruttori automatici esterni, IEC specifica il rating preferito temperatura minima: -10, -25, -30 E -40 ° C. La corrispondente temperatura ambiente massima di +40 ° C. Ancora più bassa la temperatura ambiente, di solito -50 ° C, possono essere specificati per molto freddo climi. Per climi molto caldi, la temperatura ambiente massima può essere aumentata a +50 ° C. variazioni di temperatura rapida anche bisogno di essere considerata, così come solare radiazioni. La radiazione solare, per esempio, aumentare la temperatura

all'interno del pali e cabine meccanismo.

Il corretto funzionamento di un interruttore automatico per quanto riguarda la temperatura ambiente è di estrema verificati a bassa ed alta temperatura prove di tipo. L'apertura e chiusura del interruttore di circuito sono misurati prima, durante e dopo questi test. Inoltre, ogni gas perdite registrate. Un certo aumento del tasso di perdite SF<sub>6</sub> è consentito l'estremo temperatura ambiente, ma dopo le prove, il tasso di perdita restituisce al basso valore registrato prima delle prove. IEC specifica un tasso di perdita annuo massimo dello 0,5% o 1%. (L'esperienza di diversi test di alta e bassa temperatura con ABB interruttori HV mostra che il tasso di perdita normale è inferiore a 0,1%).

La temperatura ambiente avrà una certa influenza su di apertura e di chiusura tempi di un interruttore differenziale. Di conseguenza, vi è un influenza sulla precisione di funzionamento in applicazioni di controllo di commutazione. Questa influenza può essere neutralizzata mediante il controllo adattativo e le caratteristiche di compensazione della temperatura della commutazione sincronizzata controller utilizzato.

bruschi cambiamenti di temperatura e radiazione solare possono influenzare la funzione di SF<sub>6</sub> densità monitor. Questo accade se la temperatura degli elementi sensibili del monitor differisce significativamente da quello del gas SF<sub>6</sub> in dell'interruttore. In casi estremi, differenze di temperatura possono anche portare a falsi allarmi per la densità del gas bassa. In qualità di contromisura, controlla la densità può essere protetto dalla luce solare diretta per mezzo di ombrelloni, o termicamente isolato dall'aria circostante.

L'alta umidità e la possibilità di condensa richiedono una corretta ventilazione dei cubicoli meccanismo. meccanismi di funzionamento di solito hanno un continuo collegato anticondensa riscaldamento. Inoltre, uno o più riscaldatori controllati può essere installato. Questi sono normalmente controllati da un termostato. In alternativa, si può essere commutata in e da un umidità (rilevatore di umidità) controller.

#### 4.4 Gas proprietà

##### 4.4.1 Effetto della temperatura ambiente

La proprietà eccellenti di SF<sub>6</sub> (esafluoruro di zolfo), il gas come mezzo per la corrente estinzione, nonché un mezzo di isolamento sono stati descritti nella sezione 2. A temperature molto basse, però, il gas inizierà a condensa. La temperatura in cui si verifica la condensazione dipende dalla densità del gas, ed aumenta con aumentando la densità, si veda la Figura 4.7.

Esempio:

Per un interruttore di circuito con una pressione nominale di riempimento di 0,5 MPa, a 20 ° C di temperatura ambiente, la condensazione inizia a circa -40 ° C, vedere la curva A, in figura.

condensazione a gas ridurrà la densità del gas, con la conseguenza che l'estinzione corrente e le proprietà isolanti sono ridotte.

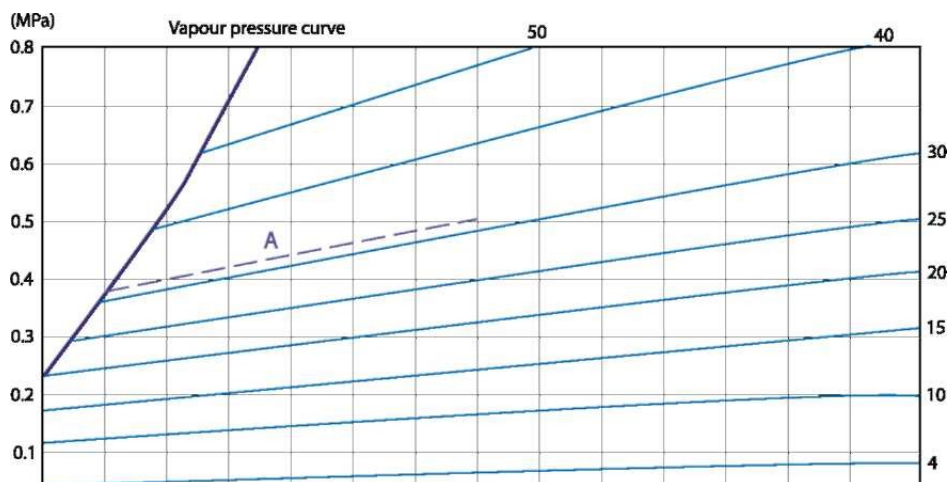


Figura 4.7 condensazione di SF6 a causa di temperatura e pressione.

Al fine di evitare la condensazione di gas degli interruttori che operano in climi freddi, la pressione del gas può essere ridotta fino ad aumentare il margine contro la condensa.

Tuttavia, questo può provocare un declassamento della performance interruzione.

Una soluzione alternativa è quella di mescolare il SF6 con un altro gas. Nella miscela di gas, il contenuto di SF6 (pressione parziale) di gas è mantenuto ad un livello sufficientemente basso per evitare la condensa al rilevante temperatura minima ambiente.

Due miscele di gas normali sono:

- SF6/N2 (SF6 e azoto)
- SF6/CF4 (SF6 e tetrafluoruro di carbonio)

Tuttavia, la miscela di gas avrà meno resistenza dielettrica di puro SF6. Il interrompere performance è influenzata anche a causa della ridotta efficienza di raffreddamento ad arco.

Declassamento delle prestazioni interruzione è generalmente necessario quando si utilizza gas misto.

La minima temperatura alla quale viene applicato gas misto, e il corrispondente influenza sul rating dell'interruttore di circuito, differisce da un tipo di interruttore a un altro. La tabella 4.8 mostra tipico della temperatura ambiente minima valori e le miscele di gas corrispondenti applicate.

Nominale più bassa pressione ambiente  
temperatura

Gas composizione (%) della pressione parziale (SF6)

MPa (ABS) a 20 ° C ° C SF6 N2 CF4 MPa (ABS) a 20 ° C

0,5 -40 100 0,5

0,7 -30 100 0,7

0,7 -40 71,4 28,6 0,5

0,7 -40 71,4 28,6 0,5

0,7 -50 51,6 48,4 0,36

0,7 -50 51,6 48,4 0,36

0,8 -25 100 0,8

0,8 -50 44,3 55,7 0,36

Tabella 4.8 Esempi di limiti di temperatura e composizioni gas misto

#### 4.4.2 Contenuto di umidità in gas SF6

L'esperienza con gli interruttori SF6 ha mostrato l'importanza di alti livelli di secchezza di mantenere le proprietà isolanti del gas. Tutti gli interruttori sono SF6 dotato di agenti di adsorbimento che conserverà il contenuto di umidità basso. gas SF6 è normalmente fornito con un contenuto di umidità molto basso, ma durante la messa ristrutturazioni e l'interruttore di circuito può essere sottoposto a umidità che potrebbe essere assorbito dal gas. Per evitare infiltrazioni di umidità, l'interruttore Chambers non deve essere aperta in ambienti umidi.

Al fine di evitare la condensazione, la massima ammissibile tasso di umidità all'interno gasfilled collegamento e di controllo pieno di gas alla densità nominale di riempimento deve essere tale che il punto di rugiada non è superiore a -5 ° C per la misura a 20 ° C (IEC 62271-1).

IEC 60376 specifica i requisiti per i nuovi gas SF6 per l'uso in apparecchiature elettriche.

#### 4.5 Effetti sonori di funzionamento interruttore

Il funzionamento di un interruttore causerà suono (o rumore nel range tra 50 e 1500 Hz), a diversi livelli e intensità a seconda del tipo di circuito interruttore e meccanismo di funzionamento. In queste sottostazioni urbane livelli sonori possono causa problemi per l'ambiente, e il livello del suono di diversi disegni e muri di smorzamento del suono dovrebbe essere considerato.

I livelli sonori tipici prodotti da vari tipi di interruttori a un m 10 distanza si può vedere qui sotto:

Air interruttore esplosione 120-130 dB (A)

Olio e interruttori SF6 95-110 dB (A)

interruttori SF6 dotate di azionamento del motore 80-90 dB (A)

##### 4.5.1 Principi

Gli standard internazionali per quanto riguarda la misurazione dei livelli sonori e le specifiche di fonometri sono:

- IEC 61672-1: Fonometri - Parte 1: Specifiche
  - ANSI S1.13: Misurazione dei livelli di pressione sonora
  - IEEE C37.082: Misurazione dei livelli di pressione sonora di interruttori
- CEI non ha una procedura per la misurazione dei livelli sonori applicabili a Interruttori.

##### 4.5.2 Livello sonoro in funzione della distanza

Il livello sonoro dipende dalla distanza tra l'oggetto e la misurazione attrezzature. Il livello sonoro decresce approssimativamente come la piazza del distanza dalla sorgente sonora. Per calcolare il livello sonoro in un diverso distanza da quello al momento della misurazione, l'equazione viene utilizzata la seguente:

$L_x$  sonora a distanza di  $x$  m

$L_d$  livello sonoro misurato in metri  $d$

Esempio:

Il livello sonoro di un interruttore SF6 misurata ad una distanza di 10 m è stata misurato a 102 dB (A). Il livello sonoro a 30 m sarà quindi:

Questa formula è accurata per le distanze tra 10 me 300 m dalla sorgente sonora.

## 5. SOLLECITAZIONI TERMICHE

### 5.1 Limiti termici

La maggior parte del tempo, in condizioni normali di funzionamento, l'interruttore è in corso un certo carico di corrente. Le norme IEC e IEEE specificare le temperature massime e la temperatura aumenta di un interruttore quando viene sottoposta al suo nominale continua corrente. I componenti principali di un interruttore di circuito hanno diverse temperature limitazioni. Tabella 5.1 qui di seguito mostra alcuni estratti da IEC 62271-1.

Il limite superiore della temperatura di servizio normale secondo IEC è  $+40^{\circ}\text{C}$ . A elevate temperature ambiente, l'aumento di temperatura diminuisce ammissibile in quanto la temperatura massima rimane invariato. Il metodo illustrato in Esempio 2, pagina 75, può essere utilizzato per i calcoli.

Massimo

temperatura

Temperatura massima di aumento

(Temperatura ambiente  $40^{\circ}\text{C}$ )

$^{\circ}\text{C K}$

Contatti in SF6

(Argentato o di rame rosso)

105 65

Conessioni in aria

(Imbullonato o equivalente)

(Rame nudo, lega di rame nudo,  
lega di alluminio nudo)

90 50

terminali ad alta tensione

Bare 90 50

Argento o di latta rivestite 105 65

Tabella 5.1 Limiti di temperatura e aumento di temperatura

#### 5.1.1 declassamento della corrente nominale a causa della temperatura

In alcune applicazioni per le quali i clienti richiedono temperature superiori a standardizzato  $+40^{\circ}\text{C}$ , potrebbe essere necessario declassare la capacità normale corrente dell'interruttore. Se un cliente, per esempio, richiede l'ambiente massima temperatura di  $+55^{\circ}\text{C}$ , le precauzioni devono essere prese e la temperatura misurata incremento del sistema di contatto ha esaminato, vedere il seguente esempio:

Richiesto temperatura massima di  $+55^{\circ}\text{C}$

Tensione di sistema 145 kV

Interruzione della corrente nominale 40 kA

A titolo di esempio l'interruttore di circuito più adatto sembra essere un interruttore con 145 kV corrente nominale 3.150 A e un aumento di temperatura misurata (vedere paragrafo 5.2) di  $53^{\circ}\text{C}$  nel sistema di contatto principale (rame argentato). La temperatura massima nel sistema di contatto sarà:

$T_{\text{ambiente}} + T_{\text{misurato}} = 55 + 53 = 108^{\circ}\text{C}$

Questa è superiore al valore massimo ammissibile secondo IEC ( $105^{\circ}\text{C}$ ). In qualità di conseguenza, il servizio di corrente nominale 3.150 A a  $40^{\circ}\text{C}$  deve essere ridotto a un livello di 2.500 per limitare l'aumento di temperatura nel sistema di contatto. Se il cliente

impone la corrente 3.150 A, un interruttore di circuito più grande deve essere selezionato.

## 5.2 Prova aumento della temperatura

Al fine di verificare la capacità di trasporto di corrente di un interruttore, una temperatura test aumento deve essere effettuato. Durante la prova, la temperatura del interruttore parti dell'interruttore aumenterà; quanto dipende dal disegno dei conduttori e sistema di contatto. I limiti di temperatura dei diversi interruttore parti non devono essere superati. Il test è di solito eseguita con l'interruttore di corrente nominale, ed è condotta su un periodo di tempo sufficiente per l'aumento di temperatura per raggiungere un valore stabile che, secondo gli standard, si ottiene quando l'aumento della temperatura non superi 1 K in 1 h. La procedura di prova descritta in IEC 62271-1 e IEEE 37,09.

Secondo le norme IEC e IEEE, una prova di aumento di temperatura effettuata a 60 Hz è valido anche a 50 Hz, e una prova eseguita a 50 Hz è valido anche per 60 Hz a condizione che l'aumento di temperatura i valori registrati durante il test 50 Hz non superare il 95% dei valori massimi consentiti.

La Figura 5.1 mostra una tipica curva di aumento di temperatura di un interruttore  $T_c$  contro di tempo. La variazione della temperatura ambiente  $T_a$  è anche mostrato. Il cambiamento di  $T_c$  non deve superare 1 K / h durante l'ultimo trimestre del periodo di prova. Dalla curva la costante di tempo termica può essere determinata.

La figura aumento 5,1 temperatura del sistema di contatto di un interruttore automatico

## 5.3 Aumento della temperatura al sovraccarico di corrente

Gli interruttori automatici possono, in determinate circostanze, operare a corrente più elevata rispetto la corrente nominale indicata dal costruttore.

L'interruttore può portare la corrente di sovraccarico in permanenza o per periodi più brevi di tempo, senza superare i limiti di temperatura consentiti. Tuttavia, è

Va osservato che la corrente di sovraccarico deve essere limitato al massimo due volte la corrente nominale normale. In caso contrario, il surriscaldamento si possono verificare come il calore da caldo spot non può essere distribuito abbastanza velocemente per le regioni più fredde.

Al fine di determinare la capacità del interruttore di procedere sovraccarico di corrente, la seguenti parametri sono determinanti:

- Corrente di sovraccarico
- Temperatura ambiente
- Durata di tempo di sovraccarico

L'aumento di temperatura al sovraccarico è dato dalla seguente equazione:

Equazione 5,1

dove

$\Delta T_o$  Aumento della temperatura al sovraccarico di corrente (K)

$\Delta T_r$  aumento di temperatura alla corrente nominale (K)

$I_o$  sovraccarico di corrente (A)

$I_r$  Corrente nominale (A)

un esponente (di norma 1.8)

L'aumento di temperatura in funzione del tempo (differenza tra la temperatura misurata e l'ambiente) è dato da:



Equazione 5,2

dove

$\Delta T$  aumento di temperatura (K)

$\Delta T_{\max}$  massimo aumento di temperatura (K)

tempo  $t$  (h)

tempo  $\tau$  termica costante (un paio d'ore per gli interruttori)

Combinando queste due equazioni si ottiene:

Equazione 5,3

Le applicazioni delle equazioni di cui sopra sono visualizzati al meglio con alcuni esempi:

Inoltre, a maggiori volumi interruttore (per esempio scegliendo più isolanti)

aumenterà l'effetto di raffreddamento e ridurre l'aumento di temperatura normale

corrente. Un altro modo per diminuire la temperatura del sistema di contatto è quello di

utilizzare maggiore pressione del gas SF<sub>6</sub> in poli di interruttore di circuito. Può anche essere

necessario uso di interruttori più a gestire la combinazione di alta corrente e normale

ad alta temperatura ambiente.

Esempio 1

Un interruttore è un aumento massimo di temperatura di 50 K in argento placcato contatti a condizioni di stato stazionario con la sua corrente nominale di 4000 A. Qual è la massimo di corrente l'interruttore può portare continuamente?

L'aumento della temperatura massima ammissibile di un contatto argentato in SF<sub>6</sub> è di 65 K (Vedi Tabella 5.1). Sostituendo i valori di 50 e 65 per DTR e DT0, rispettivamente, in

Equazione 5.1 riporta:

o

Si deve rilevare che la temperatura aumenti di altre parti del interruttore

deve essere sottoposto al calcolo stesso, e la loro temperatura non può superare

i valori specificati nelle norme.

Esempio 2

Un SF<sub>6</sub> sarà installato in un clima in cui la massima ambiente

temperatura è specificato come 55 ° C. Il cliente disciplinare si afferma che la corrente nominale

corrente dell'interruttore deve essere 2.500 A a quella temperatura. Quale sarà il

corrente nominale dell'interruttore deve essere conforme a tale requisito?

Supponendo che l'interruttore sarà provvisto di contatti argentati, il massimo

aumento di temperatura ammissibile di tali contatti in SF<sub>6</sub> è di 65 K, in conformità

le norme. Ciò significa che la temperatura massima ammissibile totale del

contatti argentati è di 105 ° C (temperatura = aumento più normale dell'ambiente massimo

di 40 ° C). Il cliente disciplinare si afferma che la temperatura ambiente massima

è di 55 ° C, il che significa che l'aumento di temperatura massima del argentato

contatto sarà limitato a  $105 - 55 = 50$  K a 2.500 A.

Sostituendo 65 K per DT0 e 50 K per DTR in Equation 5,1 darà:

(65)  $I_0 = 2892$  A

50

1,8

1

o = 2500 =>  $I_0$

La corrente nominale più vicina alla corrente di 2.892 A è 3.150 A, in conformità IEC 62271-1, e 3.000 A secondo IEEE C37.06.

Esempio 3:

Un SF6 con una corrente nominale di 2500 A è normalmente eseguito a 2.000 A, tranne per un certo periodo della giornata, quando la corrente è aumentata a 3.000 A. Quanto tempo può questo interruttore essere lanciato in questa corrente elevata senza surriscaldamento, assumendo la temperatura ambiente è di 40 ° C?

Supponendo che l'interruttore raggiunge un aumento di temperatura massima a 2.500 A di 65 K (contatti argentati), l'aumento di temperatura massima a 2.000 A può essere trovato con la formula 5.1.

Inserendo questo valore nell'equazione 5.3, otteniamo:

Ciò significa che l'interruttore può essere eseguito a 3000 A per un periodo di 1 ora e 54 minuti prima che la innalzamento della temperatura dei contatti superare 65 K.

Quando fare i calcoli come sopra, le incertezze dei calcoli devono essere prendere in considerazione; margini di utilizzare i risultati calcolati per garantire un adeguato funzionamento del sistema.

#### 5.4 Influenza del sito altitudine

L'aumento di temperatura misurata da un test a un'altitudine inferiore a 2.000 m devono essere riesaminate, secondo l'IEC, per un interruttore situato ad un'altitudine compresa tra 2.000 e 4.000 metri. La temperatura misurata in condizioni normali non si superare i limiti indicati nella tabella 3 della IEC 662.271-1, ridotto dell'1% per ogni 100 m superiori a 2.000 m.

Questa compensazione è generalmente inutili; l'aumento di temperatura superiore a più alto quota a causa del ridotto effetto di raffreddamento dell'aria è compensata da una riduzione massima temperatura ambiente a quota (vedi Tabella 5.2). Di conseguenza, il temperatura finale è relativamente invariata a una corrente dato.

M di altitudine la temperatura massima dell'aria ambiente ° C

0-2.000 40

2000 - 3000 30

3000 - 4000 25

Tabella temperatura ambiente massima 5,2 versus altitudine

## 6. REQUISITI ISOLAMENTO

Questo capitolo presenta i requisiti per l'interruttore di operare a sua tensione nominale e dei suoi voti dei dati di isolamento. Altri fattori che avere un impatto sul isolamento, come le condizioni ambientali, linee di fuga distanza e flash a distanza, sono menzionati.

### 6.1 Co-coordinamento di isolamento

IEC definisce isolamento di coordinamento come "la scelta della rigidità dielettrica dei attrezzature in relazione alle tensioni che possono apparire sul sistema per il quale il apparecchiatura è destinata e tenendo conto delle caratteristiche del disponibili dispositivi di protezione. ") Ciò significa che gli interruttori e altre apparecchiature elettriche deve sopportare la tensione di sistema operativo e le sovratensioni che si verificano nella rete. Pertanto i requisiti di isolamento determinati sono previste per ogni livello di sistema di tensione. Tensione di tenuta requisiti indicati nelle norme di oggi si basano sull'esperienza, calcoli e statistiche. La capacità di resistere deve essere verificata

con prove di tipo e prove di routine secondo le norme pertinenti. Queste possono essere scariche atmosferiche (fulmini) e sovratensioni di manovra, oppure possono essere sovratensioni temporanee alla frequenza di alimentazione.

## 6.2 Sovratensioni

### 6.2.1 breve durata tensione frequenza

In determinate condizioni, sovratensioni temporanee possono verificarsi in un sistema di alimentazione.

Un motivo tipico è guasti a terra monofase, che porterà a una maggiore potenza Tensione frequenza sulle fasi sane.

La tensione standard per il temporaneo eccesso di tensione è il powerfrequency di breve durata tensione, una tensione normale alternata con una frequenza nella gamma di 48 a 62 Hz. In genere è denominata la tensione di alimentazione-frequenza.

### 6.2.2 Impulsiva di fulmine

Folgorazioni, ad esempio di una linea aerea, porterà ad sovratensioni nel potere sistema. La più alta ampiezze che possono verificarsi dipende dalla tenuta dielettrica capacità di isolamento e di limitatori di sovratensione nel sistema. Quindi ci è una relazione tra la tensione nominale del sistema e l'impulso fulmine ampiezza specificato dalle norme.

La forma dell'impulso fulmine (spesso indicato come onde corte) è definito dal ampiezza, il tempo anteriore e il tempo per mezzo di valore (si veda la Figura 6.1).

Il tempo anteriore (T1) è definito come 1,67 volte la T intervallo tra gli istanti in cui l'impulso è del 30% e il 90% del valore di picco (punti A e B).

Il tempo di mezzo valore è definito come l'intervallo di tempo tra l'origine virtuale O1 (Il punto dove la linea retta passante per A e B interseca l'asse del tempo) e la immediata sulla coda quando la tensione è scesa al 50% del valore di picco.

Figura 6.1 (Full) impulsiva di fulmine

Fronte tempo T1 (1,2 microsecondo di  $\pm 30\%$ )

O1 origine virtuale

Tempo T2 alla metà del valore (50 is  $\pm 20\%$ )

Tolleranza del valore di picco:  $\pm 3\%$

Il valore di ampiezza dell'impulso fulmine è conosciuta come la Impulse Lightning Resistere Livello (LIWL). L'espressione più anziani BIL (Basic Level di isolamento), la stessa LIWL.

### 6.2.3 impulso tritato

L'impulso fulmine tritato viene anche definito come onda tritato, ed è specificato negli standard IEEE. Esso simula la condizione di sovratensione quando un fulmine porta a un flashover, ad esempio attraverso una linea di isolante del sistema.

In un circuito di prova il rapido collasso della tensione di solito essere raggiunto con mezzi di un innescato spinterometro. La tensione scende a zero o prossimo allo zero, con o senza oscillazioni (vedi Figura 6.2). L'ampiezza degli impulsi fulmine tritato specificato per le prove di tipo è più alto che per gli impulsi corrispondente completo.

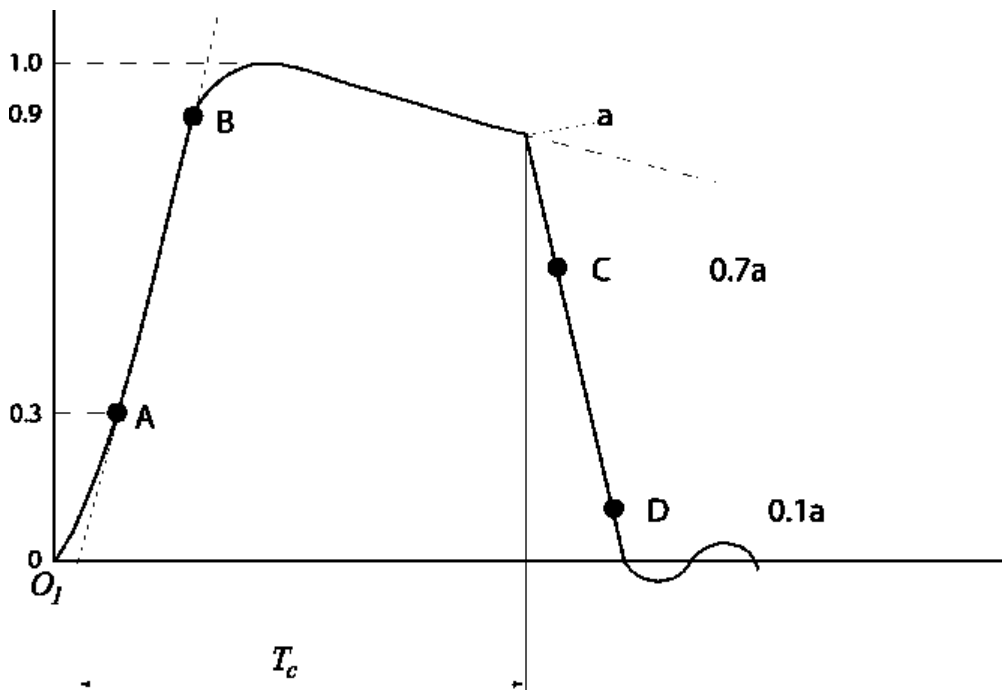


Figura 6.2 tritato onda

Tc Time to tritare

C e D definire la durata del collasso di tensione (1,67 volte l'intervallo di tempo tra C e D) e sono utilizzati unicamente ai fini della definizione

Il tempo per tritare ( $T_c$ ) è l'intervallo di tempo tra l'origine e il virtuale O1 istante di tagliare. IEEE prevede due valori di  $T_c$ , 2 e 3  $\mu s$  rispettivamente.

#### 6.2.4 Commutazione impulso

La forma d'onda standard dell'impulso di commutazione è un lento-front di sovratensione che simula i transitori di tensione creato a commutazione di (altri) interruttori. Il tempo di picco è di 250  $T_p$   $\mu s$  con un tempo di metà del valore di 2.500  $\mu s$  (vedi figura 6.3). Il termine SIWL (commutazione di resistenza impulsiva Level) viene utilizzata per caratterizzare la resistere a livello di equipaggiamento in termini di impulso di commutazione.

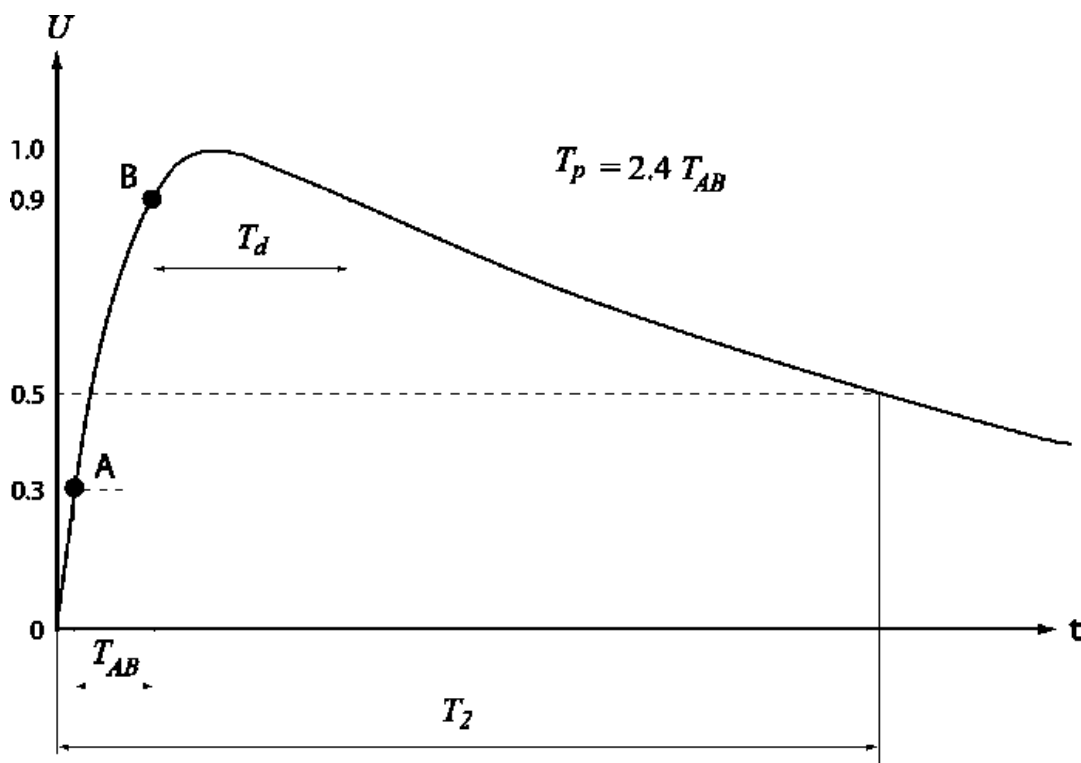


Figure 6.3 Full switching impulse

Figura 6.3 Full impulso di commutazione

$T_d$  Tempo di oltre il 90% del valore di picco

Tempo  $T_2$  alla metà del valore, ( $2.500 \text{ is } \pm 60\%$ )

Scheda Ora dal 30% al 90% del valore di picco

$T_p$  ora di punta. 2,4 volte l'intervallo quando la tensione è del 30% al 90% del valore di picco,

(Tolleranza  $\pm 20\%$ )

Tolleranza del valore di picco  $\pm 3\%$

### 6.3 livelli di isolamento

Di bassa e moderata tensione nominale, le sovratensioni fulmine dare stress più gravi l'isolamento che le sovratensioni di commutazione fare. A tensioni elevate-rated la situazione cambierà, e le sovratensioni di commutazione dare stress più gravi. IEC pertanto utilizza due principi diversi per le loro esigenze, a seconda della tensione nominale. Una divisa in due gamme di tensione nominale è stato fatto nel modo seguente (IEC 62271-1):

I Gamma Gamma II

$1 \text{ kV } U_r \leq 245 \text{ kV } U_r > 245 \text{ kV}$  dove  $U_r$  è la tensione nominale.

Negli standard IEEE per interruttori (C37.04, C37.06 e C37.09), non vi è mancanza di unità in diversi livelli di tensione.

Tabella 6.1 comprende i valori in conformità con IEC 62271-1 e IEEE C37.06 per le tensioni di resistere a terra, tra le fasi e tra i contatti aperti

Al fine di dimostrare che un interruttore è conforme con i livelli di isolamento richiesti indicati nella Tabella 6.1, deve essere sottoposto a prove di tipo. Le forme d'onda sono illustrato nella figura 6.2. Come si può vedere dalla tabella 6.1, i valori richiesti, come

ampiezza e il tipo di tensioni di impulso può variare da uno standard all'altro. La procedura di prova può anche essere diversa. Si fa riferimento alla norma IEC 62271-1 e IEEE Standard 4, rispettivamente, in cui sono descritte le procedure di prova.

In alcuni casi, la tensione di resistenza capacità di interruttori è migliorata mezzi di classificazione / corona anelli. Tali anelli di contribuire alla formazione di bassa RIV (radio interferenza di tensione) i livelli.

#### 6.4 PROVA DI TENSIONE

##### 6.4.1 Prova di tensione combinata

In un test di tensione combinata, o bias di prova, l'interruttore è sottoposto a due tensioni separate al tempo stesso: a un terminale, una tensione di alimentazione e frequenza presso l'altro terminale, o un impulso di commutazione o di un fulmine. Si veda la Figura 6.4. La prova simula le condizioni reali di tensione che un interruttore aperto, si può verificare.

Il picco dell'onda impulso coincide con il picco di fronte al potere  
Tensione frequenza e la tensione totale tra i terminali sarà la somma di  
le due tensioni.

Per le prove ad impulso di manovra bias, la frequenza della tensione di alimentazione sul fronte terminale corrisponde al nominale (fase-terra), tensione del sistema. Questo riflette le reali condizioni, dal momento che spesso si verificano sovratensioni di commutazione attorno al picco dell'onda di tensione di alimentazione di frequenza. Per le prove ad impulso atmosferico pregiudizi, dall'altro lato, la tensione di alimentazione di frequenza corrisponde al 70% del nominale (fase-toground) tensione. La ragione è che le sovratensioni fulmini si verificano a caso in tutto tempo, e le norme si sono stabiliti per un compromesso tra il minimo e il più severo sollecitazioni.

Per semplicità di test, è possibile sostituire la prova di parzialità con un test in cui commutazione o di impulsi fulmini sono applicati a un terminale dell'interruttore, con l'altro terminale a terra. In questo caso l'ampiezza degli impulsi è pari al la somma degli impulsi e il picco della tensione di alimentazione di frequenza utilizzato nel bias test. Grazie alla distribuzione a tensione più uniforme, tuttavia, tale prova è più grave quella del test bias. Pertanto la prova deve essere utilizzato solo se l'interruttore di essere testato si considera margini sufficienti in tenuta dielettrica forza.

ON

A B

Una tensione di alimentazione di frequenza applicata sul morsetto A.

B di commutazione o di impulso di tensione applicato un fulmine sul terminale B.

sincronizzato con il massimo valore della tensione negativa frequenza di alimentazione.

Figura 6.4 Prova di tensione combinata su un interruttore a due elementi con grading / anelli

corona.

#### 6.4.2 Altre prove di tensione

In aggiunta alle interrutture capacità di resistere contro il potere di frequenza tensione, fulmini e impulso ad impulso di manovra, ci sono molti altri casi di sovratensioni che l'interruttore deve resistere.

##### 6.4.3.1 RIV (Radio Interference Voltage) delle prove

Come con tutti gli altri tipi di apparecchiature ad alta tensione, un interruttore sotto tensione può generare tensioni di interferenza radio, RIV. Questi sono disturbi ad alta frequenza, tipicamente causati da scariche elettriche (corona) da bordi taglienti dei terminali, ecc IEC 62271-100 precisa che i test RIV sono applicabili a interruttori aventi un tensione nominale di 123 kV e superiori. La procedura di prova richiesto è in linea con CISPR Pubblicazione 16 e viene descritta in dettaglio nella norma IEC 62271-1. Il livello di RIV non è superiore a 2.500  $\mu$ V a una tensione di prova al di sopra del 10% nominale fase-terra tensione. La tensione di prova si applica per 5 minuti e la misurazione viene eseguita ad una frequenza di 500 - 2.000 kHz.

I valori corrispondenti secondo C37.09 IEEE sono riportati nella pubblicazione NEMA 107. La tensione di prova è 1,05 volte la tensione nominale fase-terra. Il valori ammissibili del livello di interferenza figurano nella pubblicazione sugli standard NEMA SG 4, tabella 4-1. Il livello più alto ammissibile interferenza da 123 kV e verso l'alto  $\mu$ V è di 2.500 a 1.000 kHz.

##### 6.4.3.2 prova di scariche parziali

Un test di scariche parziali rivelerà lo stesso tipo di disturbi come un test di RIV, ma è utilizzato prevalentemente per la rilevazione di carenze nella coibentazione interna dei componenti quali boccole e condensatori di classificazione.

Questo test non è normalmente richiesto per gli interruttori di circuito live serbatoio. IEC 62271-100 afferma che il test deve essere eseguito solo se l'interruttore di circuito utilizza componenti per i quali è rilevante standard esiste (ad esempio boccole). Per motivi di interesse, vale la pena notare che la prova viene eseguita con una tensione di prova al di sopra del 10% nominale fase-terra tensione. Lo scarico parziale non deve superare i 5 pc.

##### 6.4.3.3 Inquinamento test

L'intenzione di questo test è artificiale per simulare le condizioni operative in un certo grado di inquinamento (si veda la Sezione 6.7.1). Tuttavia, nella maggior parte dei casi questo test è non richiesta. Se la distanza di dispersione è conforme al requisito di cui al Tabella 6.3, la prova inquinamento artificiale non è necessario (vedi IEC 60.507).

La procedura di prova ei requisiti sono descritti nella norma IEC 60060-1 e IEC 60.507 rispettivamente. In breve, l'interruttore coperti da uno strato di soluzione salina corrispondente alla contaminazione di cui è sottoposto a una tensione di prova pari al suo nominale da fase a terra tensione.

##### 6.4.3.4 prove su circuiti a bassa tensione

Anche i circuiti a bassa tensione (controllo, motore, riscaldamento, ecc) devono essere presentate alla tensione di test. Il requisito secondo IEC 62271-1 è la seguente:

- Tensione Frequenza Potenza: 2 kV RMS 1 min.

## 6.5 Fattore di correzione atmosferica

La capacità di sopportare l'isolamento esterno è influenzata dalla pressione atmosferica, temperatura e umidità. La resistere valori riportati nella tabella 6.1 sono valide per condizioni atmosferiche standard, che sono definite come:

- Temperatura  $t_0 = 20^\circ \text{C}$
- Pressione  $b_0 = 101,3 \text{ kPa}$  (anziani espressione 1013 mbar)
- Umidità  $H_0 = 11 \text{ g/m}^3$

Se le condizioni atmosferiche nella sede di prova deviare dalla norma, la correzione fattori che possono essere applicate ad aria con densità e umidità. La tensione applicata durante una prova su isolamento esterno è determinata moltiplicando la tensione di prova dal fattore di rettifica atmosferica, che è definito nella norma IEC 60060-1:

$K_t = k_1 k_2$  dove

$k_1$  densità dell'aria fattore di correzione

$b$  pressione atmosferica al test occasione

temperatura  $t$  in occasione di test

esponente  $m$  definite dalla norma IEC 60060-1

$k_2$  umidità fattore di correzione

fattore  $k$  a seconda del tipo di prova di tensione

esponente  $w$  definite dalla norma IEC 60060-1

Un rapporto di prova sui test dielettrico stati normalmente tensioni assoluto secondo con i requisiti standard. Per ottenere l'effettivo sollecitazioni della interruttori, isolamento esterno dovrebbe essere applicato durante la correzione di test. Il massimo fattore di correzione ammissibile per ogni test è del 5%, i valori riportati nella relazione possono essere divisi per max 1.05 o 0.95 (a seconda del caso) al fine di ottenere il impulso giusto livello.

Esempio:

Per una prova su un interruttore di circuito di 245 kV, la tensione di prova utilizzato nei test è stato 1.050 kV.

Il  $K_t$  fattore di correzione durante il test è stato 0,95 e inferiore, ma non applicati.

Ciò significa che l'isolamento esterno è stato sottolineato a una tensione di almeno  $1050/0.95 = 1.105 \text{ kV}$ . Questa conoscenza può essere talvolta utilizzati per le installazioni a alta quota, o quando un cliente richiede livelli di isolamento leggermente superiore al valori standardizzati. RIV prove e test a bassa tensione non sono interessati dalla atmosferico fattore di correzione.

## 6.6 Installazione ad alta quota

Sia IEC 62271-100 e ANSI / IEEE stato C37.04 che i livelli di isolamento nominale sono validi per le installazioni ad una altitudine massima di 1000 m sul livello del mare.

Per questa ragione, bisogna stare attenti quando l'apparecchiatura è destinata per l'installazione a altitudini superiori a 1000 m. In questo caso, il livello di isolamento della coibentazione esterna legate alle condizioni atmosferiche standard può essere determinato moltiplicando il livello nominale di isolamento nella posizione di servizio con una costante  $K_a$ , dato dalla seguente formula (vedi anche IEC 62271-1 e ANSI / IEEE C37.010):

dove  $H$  è l'altezza in metri e servizio  $m$  è un fattore che dipende dalla forma d'onda

$m = 1$  per la frequenza di potenza, ad impulso atmosferico e fase-fase di commutazione tensioni di impulso



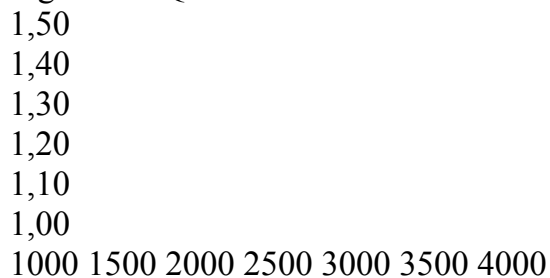
$m = 0.9$  per longitudinale (di fronte interruttore aperto) Tensione impulso di manovra

$m = 0.75$  per la fase-terra impulso di tensione di commutazione

La correlazione può essere vista graficamente nella Figura 6.5.

Per l'isolamento interno, le caratteristiche dielettriche sono identiche a qualsiasi altitudine e nessun accorgimento particolare da adottare.

Figura 6.5 Quota fattore di correzione



$m = 1$

$m = 0.9$

$m = 0.75$

Esempio:

A 170 kV interruttore sta per essere installato ad una altitudine di 2.200 m s.l.m. livello. La specifica del cliente richiede un livello di isolamento di 750 kV a livello di sito. Quale interruttore soddisfare i requisiti?

Il livello di isolamento richiesto a livello del mare sarà ottenuto con la formula di  $K_a$  di cui sopra, e le seguenti considerazioni:

- Per impulso atmosferico e la frequenza di potenza = 1 m, da cui  $K_a = 1.16$ .

Ciò significa che l'interruttore deve essere testato a livello del mare con una tensione di 750 °  $K_a = 870$  kV.

- La più vicina tensione impulso normalizzato è 1050 kV, che appartiene ad un sistema tensione di 245 kV.

- L'obbligo per le frequenze di potere resistere a livello del mare è di 377 kV ( $325 \times 1.16$ ) (secco e umido). Questo è coperto dai requisiti, (460 kV) per un 245 interruttore kV.

Conclusione: l'interruttore che soddisfano i requisiti per l'alta quota sarà un interruttore con livelli di isolamento appartenente ad una tensione di sistema di 245 kV.

## 6.7 Effetti ambientali e forme isolante

### 6.7.1 distanza di dispersione e l'inquinamento

A seconda delle condizioni del sito, le superfici isolanti delle macchine utilizzate all'aperto sarà prima o poi raccogliere depositi. Quando i depositi consistono principalmente di sale, che è normale nelle regioni costiere, la resistenza superficiale del diminuisce isolante. Il isolamento capacità di resistere l'isolante è quindi essenzialmente ridotta, soprattutto in periodi di rugiada o nebbia. Riscaldamento a causa della corrente di dispersione con conseguente cattiva asciugatura della superficie possono causare scariche parziali (bandiere), che potrebbe condurre a una scarica di disturbo in tutta l'isolante (flashover).

Durante i periodi di pioggia, la isolatori sono naturalmente lavati. Sottostazioni, ad esempio, le zone costiere hanno spesso routine istituito per impedire l'accumulo di forti depositi di sale sulla isolanti. Queste routine vanno dalla pulizia manuale alla pulizia completamente automatico.

Nelle zone con alto tasso di inquinamento, gli isolatori compositi con tettoie di silicone può essere usato per ridurre al minimo o addirittura eliminare la necessità per la pulizia. A causa della natura chimica della gomma di silicone, la superficie isolante è idrofobo (non-bagnante). L'acqua sulla superficie rimane come gocce e non costituisca un film continuo di acqua. Ciò significa che qualsiasi dispersione di corrente lungo la superficie isolante è fortemente repressa.

#### 6.7.2 classi ambientali secondo IEC

La distanza di dispersione dipende dal grado di inquinamento. Ai quattro iniziali inquinamento livelli che caratterizzano la gravità sito hanno, nell'ultima edizione della IEC 60.815, stato sostituito con cinque livelli nuovi che non corrispondono direttamente alla precedente

Numero di classi:

molto leggero

b Light

c Medium

d pesanti

Molto pesante e

NOTA! Nell'ultima edizione della IEC 60.815, la distanza di dispersione è specificato come Unified

Distanza di dispersione specifiche, (USCD),. La definizione è la distanza di dispersione di un isolante divisa per la tensione di funzionamento massima in tutta l'isolante, per AC sistemi /  $U_m \sqrt{3}$ . E 'generalmente espressa in mm / kV.

Tale definizione si discosta da quella di specifiche Creepage a distanza, quando fase tophase

valore della massima tensione per l'attrezzatura viene utilizzata. Per la fase-terra isolamento, questa definizione si tradurrà in un valore che è  $\sqrt{3}$  volte quella data dalla definizione di specifici Creepage Distanza in IEC 60.815 (1986). Tabella 6.2 mostra le

Unified specifiche Creepage Distanza in relazione alla distanza di dispersione specifiche.

Livello di inquinamento Unified specifiche

Creepage Distanza

(Tensione fase-terra)

Specifico

Creepage Distanza

(Tensione fase-fase)

mm / kV mm / kV

a - molto leggero 22 -

b - Light 28 (16)

c - Medium 35 (20)

d - Heavy 44 (25)

e - Molto pesante 55 (31)

Tabella 6.2 USCD in relazione a specifiche Creepage distanza.

Per scegliere la corretta distanza di dispersione, le informazioni raccolte, relative alla

inquinamento del sito, del sito Inquinamento Severity (SPS) di classe, può essere utilizzato. Tre diverse approcci per la selezione isolatori sono indicati nella IEC 60815-1:

- Approccio 1: Utilizzare l'esperienza passata. L'esperienza del passato da campo o test stazione nello stesso sito, sito nelle vicinanze o un luogo con condizioni simili.
- Approccio 2: misura e test. Misura o stimare il livello di inquinamento nel sito, selezionare

isolatori candidato del caso, per verificare i risultati dei test eseguiti o complete con le prove necessarie, se necessario, regolare selezione / size in base ai risultati del test.

- Approccio 3: Misura e design. Misura o stimare il livello di inquinamento in sito, guida da utilizzare IEC 60815-1 per ricevere input per progettare un isolante appropriato. In natura, il passaggio da una classe all'altra è graduale, se le misurazioni sono disponibili, l'effettivo inquinamento del sito Severity (SPS) di valore, piuttosto che la classe, può essere presi in considerazione per determinare le dimensioni isolante. Figura 6.6 mostra il classi SPS e curva in relazione alla specifica unificata Creepage distanza.

Figura 6.6 Le classi SPS e la curva in relazione alla specifica unificata Creepage distanza.

### 6.7.3 classi ambientali secondo IEEE

I requisiti di IEEE relative linee di fuga sono indicati in IEEE C37.010.

I requisiti sono sostanzialmente gli stessi di IEC, con l'eccezione di quattro le classi sono ancora utilizzati. I valori sono riportati nella tabella 6.3.

Inquinamento Livello minimo nominale specifico dispersione distanza  
mm / kV (tensione linea-terra)

Light 28

Media 35

44 Pesante

Molto pesante 54

Tabella 6.3 Creepage distanza secondo IEEE

20

25

30

35

40

45

50

55

60

a b c d

22

28

35

44

55

USCD (mm / kV)

SPS Classe

### 6.8 Distanze in aria

IEC 60071-2 stati i valori per la fase a terra e attestazioni aria fase-fase.

Tabella 6.4 mostra la correlazione tra impulso atmosferico standard resistere a tensioni

fase-terra e fase-fase, e attestazioni d'aria minimo.

Standard fulmine impulso

Tensione di tenuta

Distanza minima in aria

kV millimetri

325 630

450 900

550 1100

650 1300

750 1500

850 1700

950 1900

1050 2100

1175 2350

1300 2600

1425 2850

1550 3100

1675 3350

1800 3600

1950 3900

2100 4200

Tabella 6.4

Correlazione tra impulso atmosferico standard resistere a tensioni

fase-terra e fase-fase e attestazioni minima dell'aria

Corrispondenti tabelle di correlazione per la commutazione di impulso e la distanza minima sono dato in IEC 60071-2.

Va osservato, tuttavia, che IEC 60071-2, Appendice A stabilisce che tali nulla osta può essere inferiore se è stato dimostrato da test su configurazioni reali o simili che l'impulso standard di sopportare le tensioni sono soddisfatte, tenendo conto tutte le situazioni ambientali che possono creare irregolarità sulla superficie degli elettrodi, per esempio pioggia o di inquinamento. Le distanze non sono quindi applicabile alle apparecchiature che dispone di un test di tipo impulso del disciplinare, dal liquidazione obbligatoria potrebbe ostacolare la progettazione di attrezzature, aumento il suo costo e ostacolano il progresso.

## 6.9 Materiale isolante

La porcellana è il materiale tradizionale per l'isolamento esterno, ma negli ultimi anni diversi tipi di materiali compositi sono diventati sempre più comuni.

ABB può ora offrire isolatori compositi con gomma di silicone (SIR) per tutti i capannoni apparecchiature ad alta tensione.

Diverse prove di campo indicano che l'inquinamento e la performance a breve termine e lungo termine caratteristiche di idrofobicità di isolatori in composito con gomma di silicone migliori di quelle di isolatori in porcellana.

Considerando sia l'invecchiamento e dell'inquinamento, nella maggior parte dei casi è possibile ridurre la distanza di dispersione nelle zone costiere da un minimo di un secondo livello di inquinamento

## 7. Applicazione

### 7.1 interruttori Linea di trasmissione

Circa il 50% di tutti gli interruttori installati sono utilizzati per applicazioni a linea di trasmissione, ovvero sono direttamente connessi a una linea di trasmissione. Linea di trasmissione del circuito interruttori normalmente commutare correnti associato alla commutazione seguenti casi:

- Difetti Terminal (vedi punto 3.2)
- Guasti a breve-line (cfr. punto 3.3)
- Out-of-fase difetti (vedi 3.5)
- Linea di trasmissione a vuoto (vedi 3.6)

Normalmente rapida richiusura automatica è specificato per interruttori di linea.

Il ciclo di funzionamento secondo IEC 62271-100 è:

O - 0,3 s - CO - 3 min - CO

Normalmente il tempo di 3 minuti tra le due operazioni di close-open è valido, ma come In alternativa IEC specifica che il tempo di 15 s valori o 1 min può essere usato anche. Il tempo morto di 0.3 s si basa sul tempo di recupero dell'aria circostante esterna arco nel sistema (vale a dire un corto circuito). Il tempo di 3 minuti è il tempo necessario per la meccanismo operativo per ripristinare il suo potere, dopo un O - 0,3 s - CO primavera Moderna e meccanismi di funzionamento idraulico non hanno bisogno di 3 minuti per ristabilire il loro potere. Tuttavia, accorciamento dei tempi di ripristino ed espandendo il ciclo di lavoro oltre la norma ciclo di lavoro deve essere affrontato con cautela.

#### 7.1.1 guasti sulle linee elettriche aeree

I guasti possono comparire in qualsiasi punto della rete, in qualsiasi momento. Essi possono essere monofase, bifase o trifase. In quasi tutti i difetti casi comprendono terra. Questo fatto è anche la base della classificazione in uso nella IEC 62271-100.

La maggior parte dei guasti sulle linee di trasmissione, il che significa che il circuito di linea di trasmissione interruttori sono esposti ad usura causati da corto circuiti. Tuttavia, la frequenza media del verificarsi di cortocircuiti è bassa, e la grandezza è generalmente inferiore Il 60% della capacità del interruttore. Estesa la resistenza elettrica non è richiesto per gli interruttori di trasmissione circuito.

Ci possono essere diverse cause di guasti su una linea di trasmissione:

a. Lightning: Una delle cause più comuni. Un fulmine può colpire la torre e provocare un backflash attraverso uno degli isolatori stringa. Un'altra causa può essere un flash direttamente su uno dei conduttori di fase. Ciò può succedere quando la trasmissione la linea non è protetta da filo scudo o dopo una caduta di cavo schermato. Un aspetto particolare di fulmine è la presenza di molteplici fulmine ictus lampeggia. Sebbene la loro presenza ha una probabilità bassa, hanno bisogno di essere considerata.

Quando un interruttore è in procinto di interrompere un corto circuito che è il risultato di un lampo e vi è un secondo o terzo colpo, l'apertura apertura dei contatti è esposto ad una onda di tensione con un fronte ripido. Questa tensione può superare la tenuta dielettrica del divario di contatto e un irraggiamento del calore può avvenire in tutta la distanza tra i contatti. Se più fulmini ictus sono attesi, le interruttore devono essere protetti per mezzo di scaricatori di sovratensione, situato sulla lato linea del interruttore. scaricatori di sovratensione questo modo verrà anche proteggere gli altri HV attrezzature sul lato linea, come i trasformatori di tensione.

b. Vento: Durante i periodi di forti venti, in combinazione con una direzione sfavorevole, galoppo di linee mia verificarsi. In queste condizioni le due fasi

può toccare, causando un errore in due fasi.

c. Natura: Alberi può cadere su una linea o cadente dei conduttori di fase, provocando scariche di alberi situati sotto la campata media durante la stagione molto calda.

d. Incendi: incendi possono essere causati da fulmini o intervento umano. Quando una tempesta di fuoco passa sotto una linea di trasmissione, l'aria calda può causare fase tophase o fase-terra scariche.

### 7.1.2 Commutazione di linee di trasmissione a vuoto

#### 7.1.2.1 fattore di tensione

La commutazione delle linee di trasmissione a vuoto è trattato nella Sezione 3.6. Sezione 3.6 contiene anche informazioni relative al fattore di tensione KC capacitivo da utilizzare quando si eseguono test monofase come sostituto di tre fasi test. si applica quanto segue per linee di trasmissione durante normali condizioni di servizio (vale a dire senza presentare difetti):

$k_c = 1.2$  per le linee di trasmissione in modo efficace i sistemi di messa a terra

$k_c = 1.4$  per la linea di trasmissione in modo efficace non messe a terra dei sistemi

In modo efficace i sistemi di messa a terra in presenza di singoli o guasti a terra in due fasi:

$k_c = 1.4$  si applica

Ci sono casi particolari, ad esempio con più costruzioni linea aerea con circuiti paralleli, dove a causa del accoppiamento capacitivo tra i sistemi, un fattore di tensione di 1.2 non è sufficiente. Per i sistemi ad esempio di un fattore di tensione è di 1,3 considerato sufficiente.

#### 7.1.2.2 Linea di corrente di carica

I valori di riga preferita corrente di carica di cui IEC 62271-100 coprono

applicazioni dove la lunghezza della linea non supera 400 km a 362 kV a 550 kV.

Per linee più lunghe, la corrente è più alto. Ciò non rappresenta un problema per i moderni SF6 Interruttori.

#### 7.1.2.3 Richiusura

Nel caso di un guasto sulla linea di trasmissione, gli interruttori a entrambe le estremità della linea sono aperti e uno dei due interruttori interrompe il guasto.

A condizione che gli interruttori sono unipolare operato, il sistema di protezione possono essere disposte ad avviare solo la fase di fault (s), e lasciare la fase di sano (s) inalterati. Come risultato, la linea sarà ancora un po 'di capacità di trasmissione a sinistra. Ciò contribuirà a mantenere la stabilità nei sistemi di trasmissione di grandi dimensioni, fortemente caricati.

Se tutti e tre i poli dell'interruttore sono aperti, i poli non interrompere il colpa è di commutazione di una linea di trasmissione a vuoto. Quando l'interruttore richiude, i poli di commutazione della linea di trasmissione a vuoto sono ora energizzante la trasmissione linea. Come nel caso peggiore, questo energizzante può verificarsi quando la carica intrappolata la linea è a polarità opposta. I pali della linea energizzante fault sono energizzanti una linea di trasmissione senza spese in trappola. Un modo per limitare la tensione transitori associati alla energizzante di linee di trasmissione a vuoto è quello di utilizzare preinsertion resistenze. Il valore della resistenza è nell'ordine del surge impedenza della linea (un valore di resistenza tipico è di 400  $\Omega$ ) e il tempo preinsertion 8-12 ms per garantire che l'onda di tensione ha viaggiato fuori e indietro un paio di volte prima di chiudere i contatti principali.

Un altro modo di limitare i transitori di tensione sta usando il passaggio controllato.

#### 7.1.2.4 Shunt compensato le linee di trasmissione

Lungo le linee di trasmissione può essere dotato di compensazione shunt (direttamente collegato reattori shunt) che viene utilizzato per compensare la produzione di potenza reattiva in tempi in cui la linea di trasmissione è caricato leggermente. La presenza di reattori shunt si tradurrà in condizioni di interruzione meno severe per l'interruttore quando si passa la linea di trasmissione a vuoto attuale. Ciò è dovuto al fatto che la parte di carico di

l'interruttore di circuito non vede più una tensione continua a causa di carica intrappolata, ma piuttosto tensione alternata a bassa frequenza, la frequenza in funzione del grado di compensazione.

#### 7.1.2.5 Serie linee di trasmissione compensato

Per aumentare la potenza trasmessa di linee di trasmissione a lungo, la compensazione serie (Condensatore in serie) può essere utilizzato. La presenza di condensatori serie può aumentare il severità delle TRV imposto interruttori della linea durante la sospensione di guasto. Sotto particolari condizioni di guasto, ritardo zeri corrente possono verificarsi e l'interruttore potrebbero dover essere adatti a questo compito speciale.

#### 7.1.3 Classificazione

La frequenza di funzionamento normale degli interruttori di trasmissione circuito è bassa, forse un paio di volte all'anno. Ciò significa che una classe M1 interruttore automatico è sufficiente. Solo in rari casi in cui è previsto il passaggio frequente di linee di trasmissione è una classe interruttore M2 raccomandato.

Poiché il numero di guasti per km di linee di trasmissione per anno è bassa, e tenendo conto del fatto che l'entità delle correnti più colpa è inferiore al 60% del capacità dell'interruttore di circuito, una classe E1 interruttore automatico è sufficiente. Solo in rari casi in cui è previsto il passaggio frequente di alta corrente di guasto è una classe E2 interruttore raccomandata.

Per interruttori linea di rado operati circuito di trasmissione, di classe C1 è sufficiente. Classe C2 è raccomandato per la trasmissione a commutazione di frequente interruttori di linea.

#### 7.2 Interruttori di potenza trasformatore

Circa il 25% di tutti gli interruttori installati sono utilizzati per trasformatori di potenza, che la rende la seconda applicazione più frequente dopo linee di trasmissione.

Normalmente, interruttori trasformatore sono accesi di rado, in molti casi, solo pochi volte l'anno. Vi sono, tuttavia, delle eccezioni in cui frequenze di commutazione elevate possono verificarsi, ad esempio trasformatori di potenza associata a impianti di potenza di picco (Come le centrali di accumulazione per pompaggio) o forni ad arco.

Tripolare interruttori azionati sono normalmente utilizzate, come l'interruzione monofase trasformatore di guasti non è applicata. Una delle ragioni, tuttavia, per l'uso del singolo-palo operato interruttori possono essere controllati al fine di ottimizzare le condizioni di commutazione, al fine per ridurre al minimo le correnti di spunto.

Se un corto circuito si verifica in un trasformatore di potenza (o parti adiacenti della sottostazione) l'interruttore del trasformatore si aprirà e interrompere la corrente di guasto. In contrasto la linea di interruttori, nessuna operazione di richiusura sarà resa.

Un caso estremo si può verificare per gli interruttori nei pressi di centri di generazione, di solito posto sul lato ad alta tensione di un generatore di grande step-up (GSU) trasformatori.

In questa posizione la componente alternata della corrente di cortocircuito può diminuire più rapidamente che nel caso normale. La corrente di corto circuito non può quindi avere un zero di corrente per un certo numero di cicli, impedendo l'interruzione della corrente. In questo Pertanto, il dovere del interruttore può essere alleviato, ad esempio, ritardando la sua apertura. In alternativa, può essere dimostrato da prove o calcoli che l'arco tensione dell'interruttore è sufficientemente elevata per smorzare la componente continua della corrente tanto che una corrente pari a zero si verificherà.

#### 7.2.1 Asimmetria e tempo dc costante

Trasformatori di potenza sono generalmente più elevati  $X / R$  rapporti di linee e cavi.

Pertanto, in situazioni in cui le impedenze dei trasformatori di potenza hanno una dominante

influenza sul livello corrente di corto circuito, l'ora dc costante può essere superiore il valore standard di 45 ms. Un caso tipico è una sbarra di una sottostazione con il potere ingresso esclusivamente attraverso trasformatori di potenza. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, questa situazione è anche associato a livelli di corrente di corto circuito molto al di sotto nominale corrente di corto circuito degli interruttori associati. Pertanto, le sollecitazioni saranno ancora adeguatamente coperti da interruttori con tempo standard costante di 45 ms. Una eccezione a questa situazione generale si può verificare nelle reti di media tensione ( $\leq 52$  kV), dove il alimentazione attraverso trasformatori di potenza possono rivolgersi al circuito di corrente nominale di breve gli interruttori. Per questa situazione un tempo alternativo costante di 120 ms è specificato nelle norme IEC.

Un caso estremo si può verificare per gli interruttori nei pressi di centri di generazione, generalmente posto sul lato ad alta tensione di un generatore di grande step-up (GSU) trasformatori.

In questa posizione la componente alternata della corrente di cortocircuito può diminuire più rapidamente che nel caso normale. La corrente di corto circuito non può quindi avere un zero corrente per un numero di cicli, impedendo l'interruzione della corrente. In questo Pertanto, il dovere del interruttore può essere alleviato, ad esempio, ritardando la sua apertura. In alternativa, può essere dimostrato da prove o calcoli che l'arco tensione dell'interruttore è sufficientemente elevata per smorzare la componente continua della corrente tanto che una corrente pari a zero si verificherà.

#### 7.2.2 CONDIZIONE a vuoto di commutazione

Quando un trasformatore di potenza è alimentato dalla chiusura dell'interruttore di circuito, molto correnti di spunto gravi si può verificare. L'entità dipenderà dal-punto-wave energizzante immediata e sulla quantità di flusso residuo nel nucleo del trasformatore. Si tratta di spesso importante per limitare l'entità corrente di spunto, e un metodo efficiente per fare che è il passaggio controllato l'interruttore di circuito.

L'interruzione della corrente a vuoto di un trasformatore di alimentazione è un caso di interruzione di basse correnti induttive. A causa della forte attenuazione della tensione di transienti derivanti da interruzioni, questo è generalmente considerata come un caso di commutazione facile. Vedere anche la sezione 3.7.2.



### 7.2.3 Sincronizzazione

Nelle centrali elettriche, i blocchi generatore-trasformatore è normalmente sincronizzato e connesso alla rete per mezzo degli interruttori sul ad alta tensione parte dei trasformatori di potenza del GSU. Durante la sincronizzazione, questi interruttori sarà per qualche tempo essere sottoposto a relativamente alta tensione alternata attraverso i poli aperti.

In generale, queste sollecitazioni di tensione sono adeguatamente coperti dal normale tensione alternata prove di tipo, ma distanze di dispersione extra-lunghi possono essere specifiche per l'isolamento tra i poli aperti, specialmente se gravi le condizioni climatiche sono attesi.

Per questi interruttori, c'è anche il rischio che essi dovranno interrompere sotto fuori delle condizioni di fase, a seguito di una (improbabile) errata operazione di sincronizzazione.

### 7.2.4 Classificazione

Poiché la frequenza di funzionamento normale degli interruttori trasformatore di alimentazione del circuito è bassa,

Classe M1 è rilevante. Nei casi di relativamente pochi, con frequenza di funzionamento ad alta, Classe M2 può essere applicata.

Estesa la resistenza elettrica non è richiesta per gli interruttori trasformatore di potenza del circuito interruzioni dal corto circuito di corrente relativamente pochi sono associati a questo dovere.

Classe E1 è sufficiente.

Condensatore 7,3 / filtro interruttori

Commutazione di condensatore o filtro banche è un'applicazione relativamente rara, e coinvolge solo il 5% di tutti gli interruttori. Ci sono, tuttavia, deve sempre maggiore per creare potenza reattiva al fine di migliorare i fattori di potenza del sistema, ridurre la trasmissione perdite, e ridurre al minimo le variazioni di tensione. Ci sono inoltre sempre più i requisiti per miglioramento della qualità dell'alimentazione. Come risultato, il numero di condensatori shunt e filtro impianti di banca è in costante crescita.

## 7.3 TENSIONE DI RECUPERO

### 7.3.1 Tensione di recupero e fattori di tensione

In generale, la tensione di recupero a interruzione di corrente capacitiva ha un  $(1-\cos)$  forma d'onda, come descritto nella Sezione 3.6. La sezione fornisce inoltre informazioni su i fattori di tensione capacitivo  $k_c$  da applicare quando si eseguono test monofase come sostituto di tre fasi test. I valori si applicano le seguenti:

$k_c = 1,0$  per batterie di condensatori con neutro a terra in sistemi con neutro a terra solidamente

$k_c = 1.4$  per batterie di condensatori con neutro isolato

La tensione di recupero di un banco di filtri non possono seguire un  $(1-\cos)$  forma d'onda, ma può includono componenti armoniche. Di conseguenza, la tensione di recupero possono avere una forma come indicato nella figura 7.1. Questo deve essere considerato al momento della scelta di interruttore. La tensione di forma d'onda, come indicato nella figura 7.1 potrebbe causare occasionali reignitions che possono essere accettabili al fine di ottenere una soluzione economica.

Se non sono accettabili, un interruttore di rating più elevato va scelto

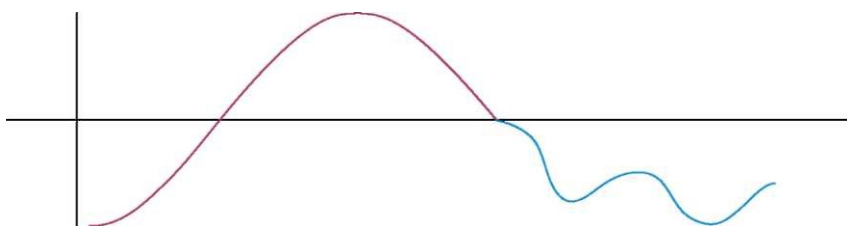


Figura 7.1 tensione recupero tipico per interruttore banco di filtri

I reattori che sono spesso utilizzati per la limitazione delle correnti di spunto per le banche condensatore sono normalmente di tipo aria-isolato e hanno induttanze basso e capacitance randagi.

Pertanto le tensioni di recupero transitorio associato alla reattori in materia di compensazione cortocircuiti tra il reattore e il banco di condensatori sono in rapido aumento con ampiezze significative. Questo può essere considerato nella scelta del caso Interruttori.

### 7.3.2 Corrente di spunto

Lo scopo dei reattori di limitazione della corrente è limitare la corrente di spunto su energizzante di ampiezza e frequenza che può essere gestita dal interruttori (e anche ad altre apparecchiature, comprese le batterie di condensatori). I valori limite indicati in IEC 62271-100 sono 20 kA<sub>peak</sub> al 4,25 kHz.

In caso di guasto (corto circuito), si verifica sulla rete in prossimità di un banco di condensatori, ci sarà fuga corrente che scorre dal banco di condensatori per colpa, di simili entità e la frequenza, come la corrente di spunto. Tali esigenze attuali di fuga essere considerato per tutti gli altri interruttori collegati alla stessa sbarra condensatori (s). commutazione controllata è un metodo efficiente per la limitazione delle correnti di spunto in energizzante, rendendo i reattori di limitazione della corrente superfluo. Tuttavia, poiché la corrente di fuga non sono collegati a qualsiasi azione di commutazione del circuito banco di condensatori interruttore, non sono interessati da sistemi di controllo di commutazione. Per questo motivo corrente reattori di limitazione sono spesso utilizzati, anche durante il passaggio controllato è applicato.

### 7.3.3 Valutazione e classificazione

La frequenza di rete ha una grande influenza sulla (1-cos) Tensione di recupero, e pertanto il rischio di restrikes. 60 Domande Hz sono molto più severe a 50 Hz. applicazioni.

Il valore standard di corrente termica nominale degli interruttori di banco di condensatori del circuito è di 400 A.

Valori più alti di 400 A non pongono un problema per gli interruttori moderna.

Banchi di condensatori e filtri forniscono un percorso a bassa impedenza per il flusso di armonica correnti, e quindi la frequenza di alimentazione di corrente è di norma modificata per includere l'effetto delle armoniche. Un moltiplicatore di 1.1 è generalmente utilizzato per un solidamente a terra banca neutro e 1,05 per neutro isolato.

Interruttori automatici per batterie di condensatori e filtri sono spesso acceso regolarmente, per esempio su una base quotidiana. Ciò significa che l'interruttore dovrà fare i conti con molte operazioni, e di classe M2 e C2 sono raccomandati. Il numero atteso di corto circuito interruzioni è bassa, e la classe di resistenza elettrica E1 è generalmente adeguato.

#### 7.4 Shunt reattore interruttori

Da un punto di vista di sistema, una linea di trasmissione aeree conduzione di corrente si comporterà come un carico capacitivo, e generare potenza reattiva. Per le reti con lungo EHV (Extra High Voltage > 245 kV) le linee di trasmissione il risultato può essere troppo sistema di alta tensione e le perdite di potenza. Per evitare questa situazione, reattori shunt vengono spesso utilizzati in tali sistemi. I reattori shunt consumerà reattiva potenza e quindi contrastare l'effetto delle linee aeree con poco carico.

Negli impianti di grandi dimensioni la soluzione ottimale è spesso alcune collegato permanentemente shunt reattori, insieme ad alcuni reattori shunt che si eccitano solo durante i periodi con un basso flusso di potenza attiva nel sistema (in genere di notte e nei fine settimana).

Reattori in parallelo sono installati in sottostazioni, e collegato in una delle seguenti in tre modi:

##### a. Della linea collegata

Il reattore shunt è collegato direttamente alla fine di una linea aerea, nella maggior parte caso, semplicemente per mezzo di un sezionatore. Il linea con il suo reattore in parallelo è poi trattata come una unità, e può essere commutata in e per mezzo della linea circuito dell'interruttore. Per una maggiore flessibilità di commutazione del reattore di shunt può essere collegato attraverso un interruttore differenziale dedicato. In linea di difetti, le procedure di funzionamento differenti possono esistere per quanto riguarda l'accensione dell'interruttore reattore. Nel corso di una guasto linea l'interruttore reattore non è di norma operato, ma le eccezioni esistono.

Nei sistemi EHV, gli interruttori linea circuito spesso si esibiscono unipolare di commutazione e di richiusura in caso di guasto di linea. In questo caso è vantaggiosa per dotare il reattore in parallelo con un reattore neutrale, che collega il centro stella a terra. Questo accordo contribuisce a minimizzare corrente residua alla terra la localizzazione dei guasti durante l'intervallo di tempo in cui l'interruttore asta è aperta. Questo aiuta a spegnere la corrente e sbarazzarsi del guasto.

##### b. Sbarre collegato

Il reattore shunt è acceso da un reattore in parallelo dedicato interruttore. Linee connesse alla sottostazione può essere acceso dentro e fuori senza compromettere il funzionamento della reattore in parallelo.

##### c. Collegato al terziario avvolgimento di un trasformatore di potenza

In questo caso il reattore in parallelo sia collegato alla tensione piuttosto bassa e da un apposito reattore interruttore. Il reattore (spesso reattore aria-core) e il circuito interruttore può essere relativamente poco costoso, ma è uno svantaggio che l'accesso al reattore richiede che il trasformatore di alimentazione è in servizio. Inoltre, il reattore attuali saranno elevati, con conseguenti relativamente elevata usura elettrico dell'interruttore contatti a operazioni di commutazione.

In condizioni normali di commutazione le sollecitazioni durante la sospensione sono tali che

vi è un basso stress termico interruzione dovuta al fatto che l'attuale più spesso è basso. La sollecitazione dielettrica, tuttavia, sarà elevata e verrà visualizzato subito dopo corrente pari a zero. Lo stress dielettrico in tutta l'interruttore è ripido e ha un picco valore tipicamente circa 2,3 p.u. a interruzione dei reattori shunt a terra con magnetico fasi indipendenti. Per informazioni più dettagliate si veda la Sezione 3.7.1.

Per una interruzione di successo, il tempo d'arco del polo interruttori dovranno in genere superare una durata minima arco di 4-7 ms (in funzione l'interruttore immobili in combinazione con le condizioni di carico effettivo). Per le durate più brevi arco superiore al minimo per applicazioni specifiche arco di tempo, l'interruttore viene a rinfocolare la prima corrente zero dopo la separazione di contatto.

A causa della frequenza molto alta nel ciclo di riavvio è più probabile che la riaccendere polo non interrompere fino a quando la frequenza di potenza molto prossimo allo zero di corrente.

#### 7.4.2 Reignitions

Reignitions può portare a sovratensioni alto, ea causa della loro pendenza, soprattutto in interruttori SF<sub>6</sub>, vengono giudicati molto peggio al sistema rispetto al tagliere sovratensioni. variazioni di tensione veloci sono anche causando ulteriori tensioni sui reattori di isolamento a causa di una distribuzione irregolare di tensione. interruttori dovranno essere progettati per sopportare reignitions, che non può mai essere evitato a funzionamento casuale.

#### 7.4.3 Eliminazione delle reignitions

Un metodo collaudato per evitare reignitions è quello di controllare l'apertura di contatto della interuttore per quanto riguarda lo sfasamento della corrente (vedi ABB Controlled Commutazione, compratore e guida di applicazione). Per mezzo di apertura controllata, tutti i poli dell'interruttore shunt circuito del reattore può essere dato un tempo sufficientemente lungo arco a garantire l'interruzione di riaccensione-free.

Oltre all'apertura controllata, chiusura regolabile può essere anche applicate per ridurre al minimo lo zero durante la sequenza corrente energizzante del reattore shunt.

Si raccomanda vivamente di utilizzare il passaggio controllato per il reattore di shunt dedicata Interruttori. I transienti di commutazione sarà ridotto al minimo allo stesso tempo l'interruttore di circuito intervalli di manutenzione sarà prolungata, rispetto alla situazione senza passare controllata.

I valori preferito di reattore in parallelo si considera l'attuale copertura in IEC 62271-110 tipici dimensioni del reattore per i livelli di tensione applicabile. Per i più piccoli reattori, il taglio sovratensione aumenterà e quindi sono più motivo di durata di un arco di garantire la riaccensione interruzione libero. Per l'attuazione della commutazione controllata, è necessario trattare qualsiasi impianto con reattori più piccoli di 50 Mvar separatamente.

- 1,5 per i test completo polo degli interruttori nominale 170 kV e inferiore

#### 7.4.5 Classificazione

La frequenza di funzionamento normale degli interruttori shunt circuito reattore è alto, spesso al giorno.

Ciò significa che l'interruttore deve essere provato per classe M2.

Per gli interruttori di commutazione reattori shunt collegato ad una liquidazione del terziario

un trasformatore, può essere saggio a garantire che l'interruttore è conforme alle requisiti per la classe E2 elettrici resistenza.

#### 7.5 accoppiatori Bus

In molte configurazioni di cabina, gli interruttori sono posti tra i diversi sbarre, o tra diverse sezioni della sbarra stessa. Questi accoppiatori bus sono normalmente acceso relativamente di rado, e sono utilizzati principalmente per il trasferimento di corrente da una sbarra (sezione) a un altro, ad esempio in relazione alle attività di manutenzione.

interruzione di corto circuito si verifica solo in caso di guasto sbarra o in situazioni di backup, se l'interruttore di circuito primario non riesce a interrompere.

Generalmente, le classi M1, C1 ed E1 sono sufficienti per interruttori utilizzati per il bus accoppiatore applicazioni. La corrente termica nominale può essere necessario relativamente elevato (lo stesso come per le sbarre).

#### 7.6 Applicazioni speciali

Oltre alle applicazioni indicate ai sensi degli articoli 7,1-7,5, applicazioni speciali può esistere per altre tipologie di sistemi o per altre tipologie di commutazione condizioni nei sistemi normali. Queste applicazioni non rientrano nel campo di applicazione del circuito interruttore standard IEC 62271-100. I requisiti tecnici e le specifiche per queste applicazioni sono quindi spesso oggetto di accordo tra le fabbricante e l'utente. In molti casi, tuttavia, gli attuali requisiti di IEC 62271-100 può essere utilizzata per applicazioni speciali, ma anche modificato per lo scopo del sistema effettivi o condizioni di commutazione.

##### 7.6.1 Applicazioni ferroviarie

Le reti sono destinati per le ferrovie, a differenza delle reti convenzionali, i sistemi a due fasi.

In generale, la tensione è fornita attraverso un trasformatore con il suo centro di rubinetto messa a terra sul lato alta tensione. Ogni polo dell'interruttore bipolare sarà quindi soggetti a  $U_r / 2$ , dove  $U_r$  è la tensione nominale tra le fasi.

Le tensioni di recupero transitorio per i sistemi a due fasi sono di solito calcolati con lo stesso approccio indicato nella IEC 62271-100 (fattori ampiezza cioè RRRV, Tasso di Rise of recupero di tensione, ecc) ma con un fattore di KPP prima pole-to-chiara di 1.0, risultato significativamente più basso dielettrico sottolinea a quello di un sistema a tre fasi.

frequenze più basse.

Con una frequenza di potenza inferiore, gli zeri in corso si verificheranno meno frequentemente, rispetto ad un sistema di 50 o 60 Hz. Dato che l'interruttore non può che interrompere la corrente a una corrente pari a zero, i tempi d'arco, e di conseguenza l'energia generata in l'interruttore, sarà notevolmente più lunga (superiore) a quella di un sistema di 50 o 60 Hz.

Di solito, una modifica delle caratteristiche del viaggio il contatto è necessario, al fine di mantenere la pressione del getto fino alla finale zero corrente.

D'altra parte, la frequenza bassa riduce gli stress associato con altri commutazione di condizioni, ad esempio commutazione capacitiva, di  $di/dt$  a interruzione di corto circuito, sollecitazioni termiche se si interrompono i difetti di breve-line, ecc

#### 7.6.2 condensatore switch della serie di by-pass

Sebbene condensatore serie di by-pass interruttori a volte utilizzano le stesse o simili design come quello di un interruttore convenzionale, l'applicazione è completamente diverse. L'interruttore di by-pass è parte della serie di dispositivi di protezione del condensatore banche, insieme con i non-lineare Varistori ad ossido di metallo (MOV) e (se applicabile) protezione spinterometri, e viene messo in parallelo con il banco di condensatori in serie.

Lo scopo principale con l'interruttore di by-pass è deliberatamente by-pass e inserire il condensatore serie (operazione che si intende) e per la protezione by-pass della serie condensatore in caso di guasti.

Quindi, in condizioni di servizio normale quando il condensatore di serie è collegato in serie

con la linea aerea, l'interruttore di by-pass è in posizione aperta e sempre pronta di by-passare il banco di condensatori serie in caso di guasti o di eventuali operazioni previste.

Le principali sollecitazioni relative al passaggio di by-pass opzioni sono le seguenti:

a. By-pass che gli condensatore di serie

L'interruttore di by-pass deve essere in grado di by-passare il banco di condensatori di serie quando si è precaricato al suo livello di protezione (limitazione di tensione della protezione da sovratensione) e di conseguenza resistere alla corrente che lo spunto dal condensatore banca sovrapposta alla linea di corrente di guasto.

b. Inserimento del condensatore serie

L'interruttore di by-pass deve essere in grado di trasferire il carico di corrente dal by-pass circuito percorso per il percorso condensatore serie e sostenere il recupero associati tensione, con valori di picco fino al suo livello di protezione, senza riaccensione.

Inoltre, l'interruttore di by-pass deve essere in grado di condurre la corrente nominale e la nominale corrente di corto circuito in posizione chiusa, così come per resistere alle sovratensioni specificata attraverso gap aperto e fase-terra.

Va osservato, tuttavia, che l'interruttore di by-pass non è destinato ad interrompere correnti di corto circuito che può verificarsi nel sistema.

IEC 62271-109 è applicabile per la serie AC condensatore di by-pass interruttori.

la necessità di una compensazione della potenza reattiva può cambiare diverse volte al giorno.

Durante queste operazioni programmate (condizioni normali), lo stress sul circuito interruttore è simile a quella del passaggio di un banco di condensatori con neutro a terra, vale a dire un recupero di tensione moderata quando diseccitazione la banca di filtro. Le correnti di spunto durante energizzante di solito sono piuttosto bassi in quanto i filtri contengono induttanze in ordine per sintonizzare i filtri per le frequenze corrette. Inoltre, è comune utilizzare commutazione controllata per energizzante di banchi di filtri.

Significativamente più alto stress possono essere ottenuti quando si verifica un guasto sulla linea AC con un conseguente intervento del convertitore e disconnessione della linea difettosa. In questo caso, le sovratensioni possono apparire che rende necessario togliere la I filtri dal bus. La sovratensioni sul bus risulta ovviamente in modo significativo tensioni di recupero superiori a quelli osservati durante le normali condizioni di commutazione.

Inoltre, l'elevata quantità di armoniche sulla tensione di alimentazione può creare maggiore RRRV (velocità di aumento della tensione di recupero).

I valori tipici della cima più alta della tensione di recupero sono nel range di 2,8-3,2 unità di elaborazione studi di sistema sono di solito eseguite come base per i requisiti tecnici per filtro banca interruttori. I risultati dovrebbero essere oggetto di una valutazione statistica al fine di definire la probabilità dei casi più gravi di commutazione.

#### 7.6.4 SVC (Var Compensatore Statico)

La SVC può compensare dinamicamente potenza reattiva alla rete mezzi di Thyristor Controlled reattori (TCR) o Thyristor Switched Condensatori (TSC). La SVC è di solito installato in una tensione notevolmente inferiore alla principale bus, alimentate attraverso un trasformatore di SVC.

In alcuni casi, gli interruttori sono installati nel TCR o succursali TSC. Queste circuito interruttori sono in genere gestite rado, ma la bassa tensione comporta molto alti requisiti per la corrente nominale, di solito nella gamma di 2.000 - 4.000 A, e molto alta di cortocircuito le attuali capacità di trasporto. Inoltre, le armoniche dovrebbero essere presi in considerazione per la capacità di corrente continua.

Alcune installazioni richiedono anche meccanicamente commutato Banchi di condensatori (MSC) in filiali controllate parallelo al tiristore. La combinazione di operazioni di frequente e correnti di carico elevato (anche elevate correnti di spunto frequente) può richiedere in modo significativo

una maggiore capacità a quello normalmente richiesto per queste tensioni.

7,7 trasformatori di misura e relè in combinazione con interruttori di circuito live serbatoio Quando si confrontano le proprietà del serbatoio vivi e morti interruttori serbatoio, il posizione della adiacente trasformatori di corrente a volte è una preoccupazione.

Per un interruttore di circuito morto serbatoio, trasformatori di corrente ad anello-core sono immessi sul boccole.

Normalmente ci sono trasformatori di corrente su entrambi i lati del circuito, e le due serie di trasformatori che le danno la sovrapposizione di zone di protezione. Con l' due gruppi è anche possibile rilevare i guasti a terra / cortocircuiti all'interno della cisterna morti circuito dell'interruttore stesso, nel modo stesso che per un trasformatore di potenza (protezione differenziale). La possibilità di tali guasti interni non può essere esclusa.

Per un interruttore di circuito live carro armato, un unico insieme di trasformatori di corrente è usato, e posti ai lati dell'interruttore. In un disegno del serbatoio dal vivo, il

rischio di terra guasti o interno corto circuiti può essere esclusa, e non vi è alcuna necessità di una duplicazione dei trasformatori.

Un confronto approfondito fra le due alternative mostra che un carro armato morto circuito interruttore con trasformatori di corrente su entrambi i lati, e un live interruttore serbatoio con trasformatori di corrente da un lato, sono identici, o quasi identici, con funzione per quanto riguarda il relè di protezione.

## 7.8 Commutazione controllata

Ci sono diverse importanti applicazioni interruttore di circuito in cui la chiusura o casuale istanti di apertura può portare a gravi tensioni e correnti transienti di commutazione. Queste transitori si verificano nei circuiti principali, ma può anche indurre transitori nel controllo e circuiti ausiliari, così come in adiacente sistemi di bassa tensione. La commutazione transitori sono associati con una varietà di dielettrico e sollecitazioni meccaniche sulla le apparecchiature ad alta tensione, e può causare danni graduale o immediato per la sistema o l'attrezzatura. transitori indotta può condurre a una varietà di disturbi, ad esempio a di controllo e sistemi di protezione, computer e processori, o telecomunicazioni.

commutazione controllata è un metodo per eliminare i transitori nocivi via tempo-controllato operazioni di commutazione. comandi di chiusura o di apertura al interruttore sono in ritardo in modo tale che la fabbricazione o la separazione del contatto avverrà al massimo istante di tempo legate alla angolo di fase. Per mezzo di Switchsync controllori <sup>TM</sup>,

sia energizzanti e le operazioni di de-eccitazione può essere controllato per quanto riguarda il punto sulla situazione-wave, e non transitori nocivo verrà generato.

## 8 .Norme e prove

### 8.1 Standards

Gli standard internazionale di grande rilievo per gli interruttori sono IEC1 e ANSI2/IEEE3. In Oltre a queste norme, esistono anche diverse norme regionali specifici, spesso sulla base di requisiti di IEC e ANSI.

Le norme USA-based sono stati originariamente sviluppati e destinati ad essere utilizzati in Stati Uniti d'America. Negli ultimi 15 anni un graduale cambiamento è avvenuto nel IEEE, e ora vi è un interesse genuino per armonizzare le norme IEC e IEEE.

1. Commissione Elettrotecnica Internazionale
2. American National Standards Institute
3. L'Istituto degli ingegneri elettrici ed elettronici, Inc.



vecchi nomi sono elencati anche:

IEC 62.271 - Titolo vecchio nome

Parte

-1 Caratteristiche comuni IEC 60694

-100 Alta tensione alternata interruttori di corrente IEC 60.056

-101 Test sintetici IEC 60.427

-108 Ac interruttori ad alta tensione in circuito di interruzione nominale tensioni di 72,5 kV e superiori

-

-110 Carico induttivo commutazione IEC 61.233

-300 Guida per la qualificazione sismica IEC 61.166

-302 Guida per corto circuito e procedure di prova di commutazione per metallo-chiusa e morti interruttori serbatoio IEC 61.633

-303 Impiego e utilizzo di esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>) in alta tensione protezione e manovra IEC 61.634

IEC 62271- Part	Title	Old name
-1	Common specifications	IEC 60694
-100	High-voltage alternating current circuit breakers	IEC 60056
-101	Synthetic testing	IEC 60427
-108	High-voltage ac disconnecting circuit breakers for rated voltages of 72.5 kV and above	-
-110	Inductive load switching	IEC 61233
-300	Guide for seismic qualification	IEC 61166
-302	Guide for short-circuit and switching test procedures for metal-enclosed and dead tank circuit breakers	IEC 61633
-303	Use and handling of sulphur hexafluoride (SF <sub>6</sub> ) in high-voltage switchgear and Controlgear	IEC 61634

Tabella 8.1 Esempi di Norme CEI per interruttori di alta tensione  
IEC si riferisce a CIGRE tecnica Brochure 304 e 305 per fornire sfondo informazioni relative a fatti e cifre, e per dare una base per specifiche. In un modo analogo, gli standard americano IEEE consultare guide applicative.

#### 8.1.1.1 definizioni Time secondo IEC

Una sezione molto utile della IEC 61271-100 descrive il tempo di interruttore connessi definizioni. Le definizioni di tempo più frequentemente utilizzati sono riportati di seguito. Figura 8.1 definizioni Tempo in apertura e chiusura, secondo IEC

#### 8.1.2 ANSI / IEEE

Il processo di standardizzazione per interruttori negli Stati Uniti è cambiato in modo significativo negli ultimi anni. In precedenza, diverse organizzazioni sono stati coinvolti, ciascuno con propri standard: IEEE, ANSI e NEMA (National Electric Manufacturers

Association).

Oggi tutte le responsabilità per gli standard di sviluppo su interruttori spetta High Voltage Circuit Breaker sottocommissione (HVCB) della IEEE PES (Power & Energy Society) Comitato di comando.

L'American Standard Institute ANSI storicamente ha rivisto le norme emesse da IEEE. Dopo l'approvazione, le norme era stato rilasciato come standard ANSI / IEEE. Dal IEEE ha ora la responsabilità per lo sviluppo standard, tutti i nuovi standard saranno gli standard IEEE.

Un certo numero di documenti che ha lo status di standard (S), altri delle guide di applicazione (G).

Questi ultimi non contengono requisiti obbligatori.

Standard S Titolo o G

C37.04-1999 Rating struttura S

Valutazioni C37.06-2000 S

C37.06.1-2000 TRVS trasformatore per guasti limitato, trial uso standard S

C37.09-1999 Testing S

C37.010-2005 Guida per la richiesta - Generale G

C37.011-2005 guida di applicazione - TRVS G

C37.012-2005 Applicazione Guida - capacitivo corrente di commutazione G

C37.015-1993 Guida per la richiesta - reattore Shunt di commutazione G

C37.016-2007 Circuit-switcher S

C37.081-1981 test sintetici G

C37.082-1982 misura del livello di pressione sonora S

C37.083-1999 sintetica capacitiva prove correnti di commutazione G

C37.10-1995 Guida per la diagnostica e la modalità di indagine fallimento G

C37.10.1-2000 Guida per la selezione di monitoraggio G.

C37.11 controllo elettrico-2003 S

C37.12-1991 Guida per la specifica G

C37.12.1 guida per il manuale di istruzioni contenuto di G

Tabella 8.2 Esempi di standard IEEE e guide per gli interruttori ad alta tensione

## 8.2 Disgiuntore test

Prima che un nuovo tipo di interruttore viene rilasciato, numerosi test sono eseguiti per verificare la che l'interruttore è conforme ai requisiti delle norme internazionali.

Quando il design dell'interruttore è stato finalizzato, prove di tipo vengono eseguiti su alcuni dei primi esemplari prodotti. Prove di tipo composto da un gran numero di test previsti dalle norme internazionali. Le prove di tipo possono essere effettuati presso il

strutture di collaudo del fabbricante o alle altre (indipendente) dei laboratori.

prove di tipo è un "must" per gli interruttori. Si tratta di una verifica che l'interruttore saranno in grado di gestire le tensioni della rete in cui verrà installato. A nello stesso tempo è una verifica ufficiale dei voti che il costruttore abbia assegnato l'interruttore.

Prove di tipo composto dai seguenti prove (IEC 62271-100):

- Prove dielettriche
- Radio Interferenze tensione (RIV) delle prove
- Aumento della temperatura prove
- Misura della resistenza del circuito principale
- Corrente di breve durata e di picco attuali test

- Prove meccaniche e ambientali
- Realizzazione e prove di rottura

Tra le prove di tipo, la fabbricazione e la rottura prove sono le più complete, in quanto esse comportano esperimenti su l'interruttore a diversi livelli attuali e TRV differente per coprire i casi di colpa diversi come descritto nella Sezione 3. A causa del elettrici di energia e dei dispositivi speciali coinvolte in queste prove, fare e prove di rottura sono i test più costosi eseguito su un interruttore.

La maggior parte delle prove di tipo portare a usura e gli interruttori non possono essere consegnati ai clienti dopo le prove. Diversi interruttori saranno necessarie per completare una serie di prove di tipo per un tipo di interruttore.

test di routine vengono effettuati su ogni interruttore fabbricato, con lo scopo di difetti di materiale o di rivelare il montaggio.

### 8,3 Prove di tipo

In questa sezione una breve descrizione è data delle prove di diverso tipo che sono richiesto dalla IEC 62271-100. Principali differenze tra il CEI e lo standard IEEE C37.09 sono evidenziate.

#### 8.3.1 TEST DIELETTRICA

In un test dielettrico, l'interruttore è esposto a vari tipi di sovratensioni come descritto nella sezione 6 (impulso fulmini, la commutazione di impulso e frequenza di alimentazione).

Oltre alle prove sul palo interruttore, il cablaggio di controllo deve essere sottoposto ad una kV 2, 1 min. potere di tenuta a frequenza di prova secondo IEC. Il tensione di prova in conformità con gli standard IEEE è di 1.500 V per un minuto, o in alternativa 1.800 V in un secondo.

#### 8.3.2 Radiointerferenze tensione (RIV) delle prove

RIV vengono eseguiti i test per stabilire il grado in cui l'interruttore interferisce con la comunicazione radio sotto tensione

#### 8.3.3 test di aumento della temperatura

In un test di aumento di temperatura sul circuito principale, la corrente nominale normale è condotta attraverso l'interruttore e l'aumento di temperatura (differenza fra il contatto misurata e la temperatura ambiente) delle parti cruciali (i collegamenti e terminali) è misurato per mezzo di sensori di temperatura adatta.

La durata del test dipende da quando la temperatura del l'interruttore è stabilizzato e ha raggiunto una condizione di stato stazionario. Questo requisito è, secondo IEC, considerata soddisfatta quando l'aumento della temperatura è inferiore a 1 K per un'ora. IEEE afferma che la temperatura non deve cambiare di più di 1 K, come indicato da tre letture successive, a 30 min. intervalli.

interruttori a gas deve essere riempito ad una pressione pari a quello minimo previsto pressione (pressione di lock-out) in accordo con IEC 62271-1. IEEE afferma che la prova deve essere effettuata in condizioni di servizio normale (vale a dire pressione nominale).

I limiti di aumento della temperatura delle parti l'interruttore sono riportati nella IEC 62271-1, tabella 3 e in IEEE C37.04 Tabella 1.

Oltre alla prova di aumento della temperatura sul circuito principale, IEC richiede una temperatura prova luogo da eseguire sui dispositivi ausiliari (bobine, motori ecc.) Il circuito interruttore è azionato 10 volte in rapida successione (tempo minimo tra le operazioni),

dopo di che l'aumento di temperatura è misurata attraverso la misurazione della resistenza.

#### 8.3.4 Misura della resistenza del circuito principale

Misura della resistenza del circuito principale viene eseguita prima e dopo che la temperatura luogo di prova. Un DC-corrente di almeno 50 A è alimentato attraverso l'interruttore e la caduta di tensione tra i terminali viene misurato. La differenza tra i resistenza misurata prima e dopo la prova di aumento di temperatura è limitata a  $\pm 20\%$ .

#### 8.3.5 breve durata in corso e le prove di picco di corrente

Questa prova è effettuata con l'interruttore in posizione di chiusura. Il cortocircuito completo corrente è condotto attraverso la interruttore per una durata specifica. Il interruttore è da considerarsi superato la prova con successo se non ci sono meccanici danni e se l'interruttore si apre al primo tentativo, dopo la prova e nessun cambiamento significativo nel tempo di apertura (cioè nessuna saldatura contatto ha avuto luogo). La durata orario preferito è di 1 s. In alternativa, il valore 3 s è dato, anche se sembra altamente improbabile che un sistema di potere ha la capacità di sostenere un cortocircuito completo corrente per un tempo così lungo senza problemi come l'instabilità, di emergenza chiusura di grandi centrali elettriche, ecc Il valore di picco della corrente è pari a 2,5 volte il valore efficace della nominale corrente di corto circuito per 50 Hz e una costante di tempo di 45 ms. Per i 60 Hz il valore è 2

#### 8.3.6 prove meccaniche e ambientali

##### 8.3.6.1 Test meccanico a temperatura ambiente

Questo test è comunemente indicata come una prova di resistenza meccanica. Il circuito interruttore deve essere in grado di eseguire un insieme ben definito di operazioni, al minimo nominale e massimo dell'offerta e tensioni di controllo. Durante la prova i requisiti di manutenzione specificate dal fabbricante devono essere prese in considerazione. Per la classe M1 le operazioni con tensioni diverse, a seconda Tabella 8.3 deve essere eseguita per la classe M2 questo insieme di operazioni viene ripetuta cinque volte. Il numero totale di CO operazioni è di 2.000 per i veicoli M1 classe e 10.000 per classe M2.

Fornitura sequenza di funzionamento / controllo della tensione e di funzionamento pressione

Numero di sequenze operative

Interruttori automatici per richiusura auto-

Gli interruttori non

per l'auto-richiusura

C - ta - ta-O

Minimo 500 500

Nominale 500 500

Massimo 500 500

C - t - CO - ta - ta nominale C-250 -

CO - ta nominale - 500

O di apertura

C di chiusura

CO una operazione di chiusura seguita immediatamente (cioè senza alcun ritardo

intenzionale) da un'operazione di apertura .

ta di tempo tra due operazioni che è necessario per ripristinare le condizioni iniziali e / o per

di evitare il riscaldamento eccessivo di parti del interruttore (questa volta può essere diverso a seconda

il tipo di operazione)

t 0,3 s per gli interruttori destinati ad una rapida richiusura automatica, se non diversamente specificato

Tabella 8.3 Numero di sequenze operative

IEEE prevede 2.000 operazioni di CO senza tempo specificato tra le operazioni.

Solo poche operazioni devono essere eseguite al massimo e limite minimo di la tensione di funzionamento nominale. In aggiunta l'interruttore deve, dopo la prova, da in grado di sopportare la massima tensione tra i contatti aperti.

La resistenza del percorso principale di corrente non deve essere superiore al 200% del massimo valore dato dal costruttore per un interruttore di circuito in condizione di nuovo. Inoltre, IEEE richiede che una prova viene eseguita al fine di dimostrare che il transitorio di tensione prodotta nel circuito di controllo associato con l'interruttore non superare le 1500 V.

In genere, la classe M1 è sufficiente. Per gli interruttori hanno un dovere speciale che operazione richiede frequenti (commutazione di batterie di condensatori, reattori shunt e filtro banche), la specificazione della classe M2 con 10.000 operazioni di CO è raccomandato.



Figura 8.2 interruttori automatici a prova di resistenza meccanica

#### 8.3.6.2 PROVE DI bassa e alta temperatura

Le prove di bassa e alta temperatura non sono obbligatori e sono eseguite esclusivamente previo accordo tra produttore e utente. La prova a bassa temperatura è normalmente in combinazione con una prova di tenuta.

Prima della prova a bassa temperatura, un certo numero di caratteristiche e impostazioni devono essere registrati a temperatura ambiente TA, quali i tempi, velocità, senso di oppressione, ecc

La temperatura ambiente è poi diminuita al valore minimo indicato TL. Quando la temperatura si è stabilizzata alla temperatura prescritta bassa, una sequenza di operazioni viene eseguita a intervalli di tempo definiti (si veda la Figura 8.1). Dopo 50 ore, il temperatura viene quindi essere sollevata fino a quando la temperatura ambiente di 20 ° C è stata raggiunta.

Figura 8.3 Sequenza di prova per la prova a bassa temperatura a -50 ° C

I valori minimi preferito di temperatura ambiente, secondo IEC, sono -10 ° C, -25 ° C, -30 ° C e -40 ° C. Il min. temperatura ambiente -50 ° C è di condizioni di servizio particolari.

Le perdite accumulate durante la prova completa a bassa temperatura deve essere tale che la pressione del lock-out non viene raggiunto.

Un interruttore di circuito ben progettato si sono estremamente bassi o nulli, perdite di gas durante condizioni stazionarie. Tuttavia, piccole perdite possono verificarsi durante il funzionamento a bassa temperature, poiché la gomma in sistemi di chiusura sono di più e non in grado di reagire con sufficiente rapidità per le vibrazioni durante il funzionamento. IEEE prevede una prova simile a bassa temperatura come IEC. Tuttavia, solo -30 ° C è riportata e la norma non richiede esplicitamente un test a bassa temperatura. Qualora l'analisi di strutture non lo permettono la verifica, una prova di componenti importanti in ambiente a bassa la temperatura è sufficiente.

#### 8.3.6.3 alta temperatura di prova

La prova di alta temperatura verifica le caratteristiche di funzionamento dell'interruttore a temperature elevate. IEC 62271-1, stabilisce una temperatura massima di +40 ° C, come condizione normale servizio. +50 ° C cade in condizioni di servizio particolari.

Normalmente il test di alta e bassa temperatura sono combinati in un unico test in cui il sequenze di alta e bassa temperatura sono eseguiti dopo l'altro nello stesso test set up. La procedura di prova per la prova ad alta temperatura è molto simile al bassa temperatura di prova. Figura 8.4 mostra le diverse fasi della prova.

IEEE specifica la normale temperatura ambiente massima di +40 ° C; assenza di specifici prova ad alta temperatura è definita.

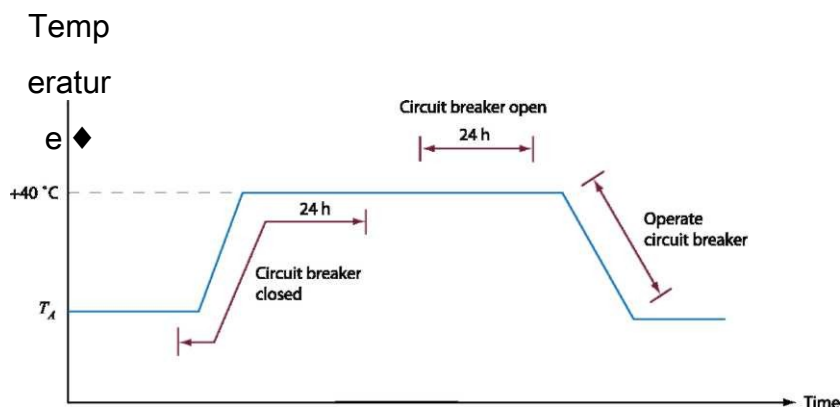


Figura 8.4 Sequenza di prova per test ad alta temperatura

#### 8.3.6.4 Umidità test

Secondo la CEI, la prova di umidità non deve essere applicato su materiale che è stato progettato essere direttamente esposti alle precipitazioni, ad esempio parti primarie di outdoor Interruttori. E' anche inutile per i mezzi efficaci contro la condensazione sono previste, per esempio in armadi di comando con i riscaldatori anticondensa. prove di umidità non sono specificate da IEEE.

#### 8.3.6.5 Ice test

Le prove in condizioni di ghiaccio gravi sono applicabili solo per gli interruttori che parti mobili esterne. Il rivestimento di ghiaccio è considerato nel range da 1 mm fino a, ma non superiore ad 20 mm. Se un interruttore è situato dove un gelato rivestimento superiore a 20 mm è previsto, dovrebbe raggiungere un accordo tra fabbricante e l'utente in merito alla capacità dell'interruttore di eseguire correttamente in tali condizioni.

IEEE non richiede alcuna prova, tuttavia, si afferma che gli interruttori esterni deve essere in grado di sopportare carico causato da ghiaccio fino a 20 mm di ghiaccio.

#### 8.3.6.6 Prova di carico statico terminale

Il test di carico statico terminale viene effettuata per dimostrare che l'interruttore funziona correttamente se caricata da stress derivanti da ghiaccio, vento e collegati conduttori. Il test di carico statico terminale è applicabile a interruttori all'aperto con tensione nominale di 52 kV e superiori.

Il test di carico statico terminale viene eseguita soltanto previo accordo tra il costruttore e utente. Se il produttore da calcoli può dimostrare che l'interruttore in grado di sopportare le sollecitazioni, nessun test deve essere eseguito.

Gli Stati IEEE valori del carico statico in IEEE C37.04, clausola 6.3.2. Tuttavia, non test è obbligatorio.

### 8.3.7 Realizzazione e prove di rottura

Il fare e disfare le prove sono le prove del tipo più completo. Le prove sono destinati a verificare che l'interruttore in grado di gestire la commutazione diversi sollecitazioni alle quali l'interruttore può essere esposto durante il normale esercizio.

I preparativi prima delle prove, metodi di prova diversi e le caratteristiche di le diverse prove sono descritte di seguito.

#### 8.3.7.1 Preparazione per le prove

Prima di tutti i test, le caratteristiche operative di tali interruttori dovranno essere conosciuto. Al fine di verificare questo, no-load test vengono eseguiti. A vuoto di test che delle sequenze operative diverse a diversi tipi di voltaggio e pressioni nella caso di meccanismi di funzionamento pneumatici e idraulici.

Nel corso della no-load test durante le ore e le velocità di contatto sono misurati e segnalati. Dopo la sequenza di prova un'altra serie di operazioni a vuoto viene eseguita, e i risultati di queste è, rispetto ai primi non mostrano alcun cambiamento significativo.

#### 8.3.7.2 monofase test

Secondo questo metodo, un unico polo di un interruttore automatico tripolare è testato monofase. Questo viene fatto applicando al palo la stessa corrente e sostanzialmente la stessa tensione di alimentazione-frequenza che sarà impresso il più fortemente sottolineato palo durante trifase e interruzione dalla completa interruttore tripolare in condizioni comparabili.

Per verificare che le caratteristiche di una singola fase di un interruttore automatico corrispondono a le caratteristiche di una unità a tre fasi, un fare e disfare test viene eseguito. Dopo la prova, il comportamento e le caratteristiche di viaggio sono valutati secondo i requisiti dichiarati in 62271-100, la clausola 6.101.1.1.

IEEE dà inoltre prevista test monofase e condizioni simili a quelle degli Stati IEC, IEEE vedere C37.09 Clausola 4.8.2.2.

#### 8.3.7.3 unit test / test completo polo

A causa di limitazioni nei laboratori di alta potenza, la piena prova polo non è sempre possibile, soprattutto con il recente sviluppo di rompere con una unità di alta tensione rating. In questi casi i test unitari, o la metà test del palo, può essere eseguita. Unità di test sono consentiti se le prescrizioni della norma IEC 62271-100, 6.102.4.2 sono soddisfatte.

Ad esempio, i seguenti requisiti devono essere soddisfatti:

- Le unità dell'interruttore devono essere identiche per forma, dimensione e operanti condizioni
- L'energia di funzionamento deve essere regolato in modo tale che il contatto movimento non differisce da quella del palo pieno
- La distribuzione di tensione tra le unità di rottura deve essere considerato. Il tensione di prova deve essere la tensione tra le più altamente sottolineato rottura dell'unità dei polo completo dell'interruttore.

C37.09 IEEE, Sezione 4.8.2.3.1 specifica i requisiti corrispondenti per il test dell'unità.

#### 8.3.7.4 Prove dirette

Prove dirette sono caratterizzati da una fonte dando la corretta prima interruzione di corrente e la tensione corretta sottolinea dopo l'interruzione (vedi Figura 8.5).



La natura delle prove dirette è piuttosto semplice. Nel caso di verifiche dirette, il circuito interruttore sceglie il meglio zero attuale, in cui interrompere. L'impostazione di apertura del corto-circuito, nonché la separazione il contatto è ben definito.

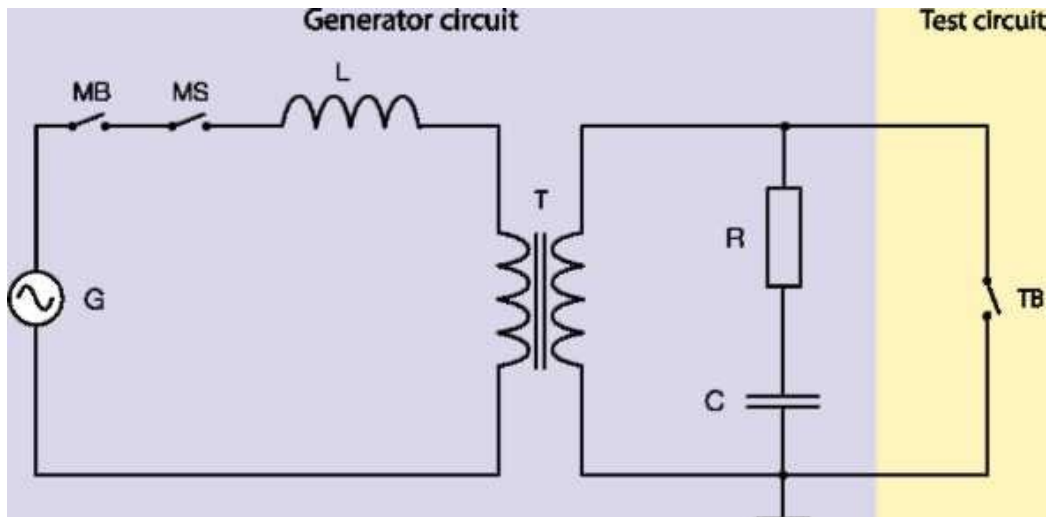


Figura 8.5 singola fase di test del circuito per la prova diretta

G corto circuito del generatore

MB Master interruttore

MS facendo passare

L reattore di limitazione di corrente di corto circuito

R, C circuito oscillatorio di TRV

TB test interruttore

T Transformer

Quando si esegue un'operazione di CO, l'interruttore viene giustamente sottolineato in sia la creazione e l'operazione di rottura. Dopo l'interruzione della tensione di recupero devono essere applicate a 5 cicli.

Qualora l'interruttore di circuito di prova non interrompere la corrente, il circuito è protetto da un circuito interruttore principale, un interruttore in grado di interrompere a mezzo di un ciclo. Il corrente di corto circuito è iniziato chiudendo l'interruttore facendo.

#### 8.3.7.5 test sintetici

Con la crescente tensione e corrente del circuito di recente sviluppo interruttori, la potenza totale disponibile di corto circuito di un laboratorio ad alta potenza deve essere aumentato di conseguenza. Gli investimenti per aumentare potenza di corto circuito sono enorme e comporterebbe prezzi interruttore essere proibitivo. Allo scopo di ancora in grado di eseguire le prove di tipo corretto per interruttori con la disposizione potenza di corto circuito, una possibilità è aperta: l'esecuzione di test sintetici.

Un circuito di prova di sintesi è costituito da separati circuiti ad alta corrente e alta tensione (Vedi Figura 8.6). Durante il periodo di corto circuito, la corrente di corto circuito sarà

alimentato da un generatore di corto circuito ad una tensione limitata. La tensione dovrebbe avere un'ampiezza di grandezza sufficiente per evitare la tensione d'arco di influenzare il corrente di corto circuito.

Quando la corrente è interrotta, il circuito ad alta tensione darà la tensione corretta sottolineata in tutta la distanza tra i contatti

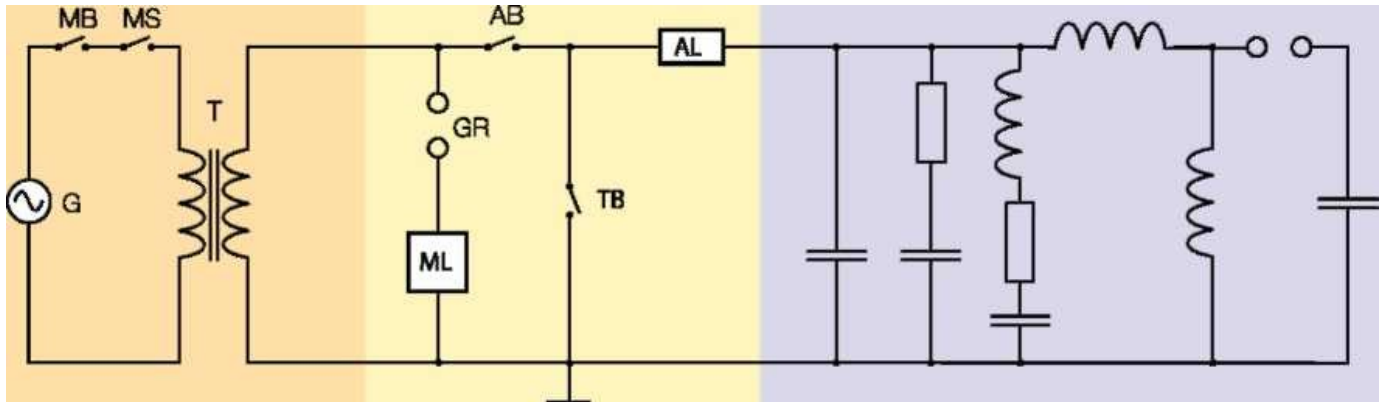


Figura 8.6 Principio di test sintetici.

G corto circuito del generatore

MB Master interruttore

MS facendo passare

TB test interruttore

AB ausiliari dell'interruttore

AL artificiale line

GR spinterometro

ML Multi-loop re-circuito di accensione

Affinché il test sintetici per essere valida, la prova deve sottoporre l'interruttore di realistico sottolinea, rispetto a quelli di un test diretto. Requisiti per il sintetico le prove sono espressi in norme IEC e IEEE.

## 9.AFFIDABILITA',MANUTENZIONE E COSTI DEL CICLO DI VITA

### 9.1 Mancata statistiche

Informazioni sugli errori e le statistiche fallimento è importante sia per gli operatori del sistema e asset manager. Due tipi di statistiche sono utilizzate:

- Interruzioni di sistema, vale a dire la perdita di energia elettrica consegnata ai clienti
- Attrezzature fallimenti.

Un errore materiale può o non può portare ad una interruzione del sistema.

International (attrezzature) per le statistiche fallimento interruttori sono raccolti e pubblicato da Cigré. Due tipi di fallimenti sono considerati: guasti maggiori e minori fallimenti. Un grande fallimento si tradurrà in un immediato cambiamento nel sistema operativo condizioni, ad esempio le attrezzature di protezione di backup verrà richiesto di rimuovere il colpa, o comporteranno la rimozione obbligatoria dal servizio entro 30 minuti

per non programmato manutenzione. Un errore minore è un fallimento che non sia un grande fallimento.

Tra le categorie di insuccesso sono grandi "non si apre a comando", "si apre senza comando", "non riesce a portare corrente", ecc errori tipici minori sono le perdite di piccole SF6 o di olio idraulico.

Il tasso medio di guasto importante per gli interruttori di pressione unico e SF6 tensione nominale 63-800 kV pubblicato da Cigré è 0,67 failures/100 interruttore anni (Relazione finale della seconda indagine internazionale sulla interruttore di circuito ad alta tensione guasti e difetti nel servizio, Cigré tecnica Brochure n. 83, 1994). Una sostanziale quota di fallimenti è stato causato dai meccanismi di funzionamento. Idrauliche e meccanismi di primavera aveva quasi gli stessi tassi grande fallimento, mentre la mancata minore tasso era molto più alto per i meccanismi idraulici, a causa di perdite d'olio. Le statistiche non danno informazioni sulle prestazioni degli interruttori da singoli produttori.

In generale si consiglia l'uso delle statistiche Cigré fallimento. Esse si basano su una vasta popolazione di interruttori di molti paesi del mondo. Il fallimenti sono stati segnalati dagli utenti (utenze, ecc) dando fiducia che tutti fallimenti sono inclusi.

## 9.2 Vita elettrica e meccanica

Supponendo che gli intervalli di controllo raccomandate sono state rispettate e che le adeguate misure sono state attuate, ABB interruttori saranno hanno una durata superiore a 30 anni e 2.000 (classe M1) o 10.000 (classe M2) operazioni meccaniche.

Per ciascun tipo di interruttore, il massimo ammissibile di usura degli interruttori elettrici è di circa espressa da:

dove

n numero di cortocircuiti

I corrente di corto circuito, kA (rms)

k un esponente in ordine di 1,8-2

TA numero totale ammissibile, specifico per ogni tipo di interruttore

Quando si utilizza l'espressione, di tutti i livelli di corrente di corto circuito sono inclusi nella sommatoria,

ad esempio  $20,30 n + n + 30,20 40,10 n$ .

A titolo di esempio, la figura 9.1 mostra la massima usura ammissibile elettrici per LTB 72,5-170 D1 / B.

Figura 9.1. Massima usura ammissibile elettrica,  $n \sum I_2 \cdot = 20.000$ , per LTB 72,5-170 D1 / B.

## 9.3 Manutenzione

Per ogni tipo di circuito, di funzionamento e di definire le istruzioni per la manutenzione intervalli di tempo e le attività per i seguenti tipi di manutenzione:

- Controllo oculare
- Manutenzione preventiva
- Revisione

ispezioni oculari svolgono di norma a 1-2 intervalli anno. L'interruttore è mantenuti in servizio.

La manutenzione preventiva viene normalmente eseguita a intervalli di 15 anni, e con la interruttore di circuito messo fuori servizio. intervalli di tempo più brevi possono essere

necessaria se il interruttore di circuito raggiunge la massima usura ammissibile elettrica, o al massimo numero ammissibile di operazioni meccaniche. Nei casi di passaggio frequente di batterie di condensatori, banchi di filtri o reattori shunt, il numero di commutazione ammissibile è più elevato per le operazioni di controllo delle operazioni di commutazione (a Switchsync™) che per commutazione incontrollato.

Revisione l'interruttore deve essere eseguita dopo 30 anni, o quando il massima usura ammissibile elettrica o del numero di operazioni meccaniche è stata raggiunto. I poli interruttore e meccanismo sono poi normalmente rimossi, per montaggio di nuovi contatti e di altre parti usurate.

Va notato che gli utenti siano sempre più sostituendo puramente manutenzione in base al tempo programmi di manutenzione condizione-base. Gli orari compresi nel istruzioni per l'uso e la manutenzione consistono in una combinazione di time-based e attività di condizione-base.

#### 9.4 Condition Monitoring

On-line di monitoraggio delle condizioni può essere applicata al fine di migliorare l'affidabilità dei interruttori, oppure per fornire indicazioni per la manutenzione condition-based. Si consiglia di uso di condizione monitoraggio on-line nelle seguenti situazioni:

- Interruttori Molto importante
- Circuito nelle sottostazioni molto remote, dove le ispezioni manuale sono costose e che richiede tempo.

Il monitor condizione OLM è descritto nella Guida all'acquisto, con poli Breakers.

I seguenti parametri possono essere monitorati: i tempi di esercizio, correnti di bobina, il contatto viaggio (che fornisce informazioni su velocità, la corsa del grilletto e lo smorzamento), corrente motore

compresa la primavera tempo di carica, e SF6 densità. correnti di fase può essere misurata come opzione per determinare l'usura accumulato contatto elettrico.

funzioni di monitoraggio condizioni sono integrati come standard in Motor Drive meccanismi di funzionamento.

#### 9.5 Ciclo di vita dei costi

Per un utente, un interruttore automatico ha un certo costo di acquisto. In aggiunta ci sarà i costi per l'installazione e messa in servizio, e la manutenzione durante la vita. Una vita costo del ciclo (LCC) calcolo considera tutti questi elementi di costo, e calcola un conseguente valore attuale. I costi per le riparazioni, dopo i fallimenti sono anche a volte inclusi,

basato sui tassi di fallimento stimato. LCC calcoli sono utili, ad esempio per il confronto tra le diverse tecnologie dell'interruttore.

La Figura 9.2 mostra come esempio il risultato di calcoli per un interruttore tipo HPL 420B2. Il lasso di tempo è stata assunta da 30 anni, e il tasso di interesse del 5%. La porzione di manutenzione comprende la revisione effettuata dopo 30 anni.

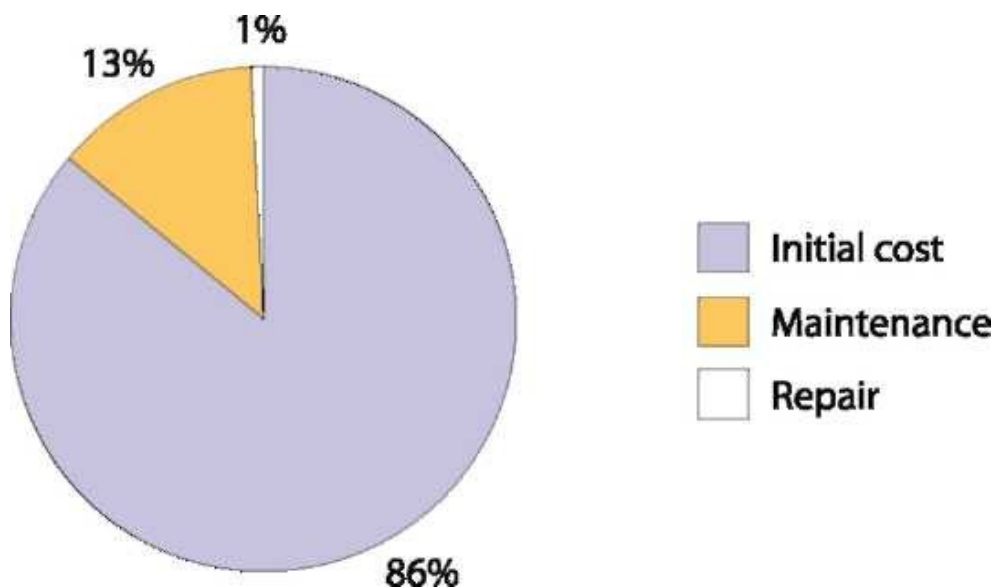


Figura 9.2. Risultato del calcolo LCC per interruttore di tipo HPL 420B2.

#### 9.6 Aspetti ambientali

È importante che le apparecchiature elettriche abbiano il minor impatto possibile sull'ambiente e l'ambiente circostante.

In questo contesto, il gas SF<sub>6</sub> in interruttori e il suo possibile contributo all'effetto serra, occorre ricordare. SF<sub>6</sub> è un gas serra forte, e la sua rilascio in atmosfera dovrebbe essere ridotto al minimo. È vantaggioso per ridurre gas volumi e tassi di perdita, per quanto possibile. Pertanto, sotto il profilo ambientale punto di vista, un live serbatoio interruttore, con il suo volume relativamente piccolo di gas SF<sub>6</sub>, è una soluzione migliore di un morto interruttore serbatoio o GIS.

Quando un interruttore è revisionato o, infine demolito, il gas SF<sub>6</sub> dovrebbe essere attentamente pompato fuori e conservato. Tali gas utilizzato da interruttori può, in un grande

maggior parte dei casi, essere puliti e riciclati, sia in loco o presso un produttore di gas. In casi molto rari, di contaminazione estremamente pesante del gas, può essere necessario per distruggere il gas. Processi per la distruzione del gas sono ben definiti.

#### 10. Selezione degli interruttori

##### Quadri Specification Manager (SSM)

SSM è un software semplice e sicuro a base su Microsoft Office. Il programma è diviso in due parti: il modulo di input e elaborazione, sulla base di Excel e modulo di uscita sulla base di Word.

SSM genera una specifica completa, con:

- Le parti introduttive, generale
- Descrizione tecnica
- Dati di pianificazione

Dato che il disciplinare tecnico è generato in MS Word si può facilmente dopo essere modificato per soddisfare il vostro scopo.

Prodotti supportati

SSM sostiene AIS applicazioni ad alta tensione fino a 800 kV. prodotti supportati sono:

- Scaricatori di sovratensione
- Strumento di trasformatori
- Condensatori
- Interruttori automatici

Sezionatori -

- Estraibile e interruttori di scollegare

Selezione degli interruttori

Per ottenere un funzionamento ottimale di un interruttore per l'effettivo sottolinea che vedrà nel corso il suo tempo di vita, i dati rilevanti per la specifica applicazione devono essere presi in considerazione presso le specifiche e la selezione delle interrutture.

## 11-CONCLUSIONE

Gli interruttori sono componenti chiave in tutte le reti di alimentazione .

La riduzione del numero di parti in movimento nel circuito degli interruttori. Semplicità comporta affidabilità; meno parti significare anche una riduzione del rischio di errori. L'esempio migliore di questo è il nostro nuovo meccanismo di funzionamento, motore Drive <sup>TM</sup>. Il numero di parti in movimento è stato ridotto a uno solo, mentre le prestazioni e precisione sono state migliorate. Quando si tratta di interruzione media, aria compressa e olio sono stati sostituiti da gas SF<sub>6</sub>, che è stato introdotto già nel 1960. SF<sub>6</sub> gas di isolamento e calore che conduce proprietà hanno, tra l'altro, ha consentito la riduzione del numero totale unità

di rottura rispetto all'aria e interruttori olio. Mentre una compressa interruttore aria necessaria rottura dieci unità per ogni fase per 400 kV, e un olio circuito minimo necessario interruttore quattro, è ora sufficiente con due interruttori unità su un interruttore SF<sub>6</sub>. Ciò significa che l'affidabilità operativa e la disponibilità sono aumentate nello stesso tempo come la progettazione interruttore è diventata più compatta e che richiedono quindi meno spazio di installazione e dei materiali.

Anche quando si tratta di meccanismi di funzionamento, dello sviluppo ha compiuto passi enormi in avanti. Per ridurre sia i tassi di fallimento e di manutenzione requisiti, i meccanismi di funzionamento della molla sono utilizzati al posto di aria compressa o la tecnologia idraulica sul nostro interruttori SF<sub>6</sub>. L'ultimo passo nello sviluppo è Motor Drive <sup>TM</sup>, un gruppo controllato digitalmente che può già essere fornito per i interruttori LTB. Motor Drive <sup>TM</sup> comporta notevoli miglioramenti nel controllo apertura e chiusura delle operazioni e nel monitoraggio di stato interruttore di circuito.

Una gran parte del lavoro di sviluppo è attualmente guidata da aspetti ambientali, per ridurre al minimo tutti gli effetti negativi sull'ambiente richieste del mondo in generale.

L'approccio ambientale è evidente in tutto il ciclo di vita dei nostri interruttori - dalle prime fasi di progettazione, attraverso processi di prodotto il nostro sviluppo, fino ad essere messo fuori servizio o di essere sostituiti. Nei nostri sforzi per sviluppare prodotti semplici, richieste di materiale sono ridotte ed i materiali utilizzati sono riciclabili. Esempi di questo sono gli interruttori estraibili innovativi e disconnessione. Così la possibilità di sottostazione compatta soluzioni che richiedono meno spazio, meno di fondazione elementi e meno quantità di materiale. Gli interruttori alta tensione devono essere conformi alle esigenze estremamente elevate per affidabilità operativa per essere in grado di contribuire alla trasmissione di potenza sicura. Per ottenere una buona economia di esercizio e la massima disponibilità, senza lunghi intervalli di manutenzione sono richiesti. Per questo motivo, basato sullo stato di manutenzione è la sostituzione periodica di servizi ad un livello sempre maggiore. L'obiettivo a lungo termine è quello di sviluppare soluzioni completamente esente da manutenzione. Oggi moderno SF<sub>6</sub> dotata l'ultima generazione di meccanismo a molla di esercizio comporta un grande passo verso tale obiettivo. L'intervallo di manutenzione prima di per tali interruttori è di circa 15 anni e il tasso di insuccesso è molto bassa. Con il recente sviluppato unità di controllo del Motor Drive <sup>TM</sup>, il tasso di fallimento sarà ulteriormente ridotta. Al contrario di un meccanismo a molla azionato, in cui è memorizzato l'energia necessario controllo di sorgenti, Motor Drive <sup>TM</sup> utilizza l'energia elettrica immagazzinata in condensatori. L'unica parte in movimento nell'unità di controllo del rotore del motore.

Ci sono altre società come ABB Power Technologies che stanno lavorando costantemente per migliorare le prestazioni degli interruttori.

La tecnologia di domani è basato su esperienze di oggi, è per garantire la migliori prestazioni,

affidabilità .

### **13.BIBLIOGRAFIA**

- Appunti di lezione di** Componenti e tecnologie elettrici prof. RENATO GOBBO ,Università degli Studi di Padova.
- Appunti di lezione Materiali per l'Ingegneria elettrica prof.GABRIELE MARCHESI, Università degli studi di padova.
- Sito internet [www.ABB.COM](http://www.ABB.COM) (Link Tank Circuit Breakers ,Application Guide),High voltage products